

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**№ 4 (57)**



**IZVESTIYA  
SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY**

**2019**

# ИЗВЕСТИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 4 (57)



*Посвящается 115-летию Санкт-Петербургского  
государственного аграрного университета*

# IZVESTIYA

SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY

2019

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ежеквартальный научный журнал  
№ 4 (57)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия  
Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ № ФС77-26051 от 18 октября 2006 г.

Журнал входит в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,  
рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов кандидатских  
и докторских исследований

Журнал содержит материалы по основным разделам аграрной науки.  
В нем представлены результаты научных исследований и внедрения разработок  
в сельскохозяйственное производство  
Издаётся с 2004 г.

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

**IZVESTIYA SAINT-PETERSBURG STATE AGRARIAN UNIVERSITY**  
quarterly scientific journal  
№ 4 (57)

Journal is registered  
in the Federal service on supervision for legislation compliance in the sphere  
of mass communications and cultural heritage protection  
The registration certificate of mass media  
ПИ № FS77-26051 on October 18, 2006

The journal is included into the list of leading reviewed scientific journals and publications recommended  
by the Higher Certification Commission of RF for the results publication of candidate  
and doctoral research papers

Journal contains materials on main sections of agricultural science.  
It presents research results and development implementation results into agricultural production

Published since 2004

Founder – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg state agrarian university"

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ежеквартальный научный журнал  
№ 4 (57)

Главный редактор

Доктор экономических наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО СПбГАУ  
**Жгулев Евгений Викторович**

Заместители главного редактора:

Доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе  
**Смелик Виктор Александрович**

Доктор экономических наук, профессор, проректор по качеству образования и  
информатизации  
**Федорков Александр Иванович**

Выпускающий редактор  
**Баранова Марина Дмитриевна**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Алдошин Н.В.**, доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой «Сельскохозяйственные машины», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки));

**Анисимов А.И.**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Защита и карантин растений» (06.01.07 Защита растений (сельскохозяйственные науки));

**Атрощенко Г.П.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» (06.01.08 Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные науки), 06.01.09 Овощеводство (сельскохозяйственные науки));

**Болгов А.Е.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство», ФГБОУ ВО ПетрГУ (06.02.07 Разведение, селекция генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки));

**Ганусевич Ф.Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Растениеводства им. И.А. Стебута» (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки));

**Дидманидзе О.Н.**, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобильный транспорт», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки));

**Долженко В.И.**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ ВИЗР (06.01.07 Защита растений (сельскохозяйственные науки));

**Долженко Т.В.**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры «Защита и карантин растений» (06.01.07 Защита растений (сельскохозяйственные науки));

**Донских Н.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Земледелие и луговое хозяйство» (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки), 06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки), 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

**Епифанов А.П.**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электроэнергетика и электрооборудование» (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки));

**Иванов А.И.**, член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ АФИ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки), 06.01.03 Агрофизика (сельскохозяйственные науки), 06.01.04 Агрохимия (сельскохозяйственные науки));

**Карпов В.Н.**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий и электротехнологии» (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки));

**Карынбаев А.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Биология», Таразский Государственный Университет им. М.Х. Дулати (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки), 06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки));

**Кулинцев В.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, директор, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

**Лаврищев А.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой «Почвоведение и агрохимия» (06.01.03 Агрофизика (сельскохозяйственные науки), 06.01.04 Агрохимия (сельскохозяйственные науки));

**Лаптев Г.Ю.**, доктор биологических наук, директор, ООО «Биотроф» (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

**Митюков А.С.**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ИНОЗ РАН (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки));

**Найда Н.М.**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие и луговое хозяйство» (06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки));

**Новиков М.А.**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технические системы в агробизнесе» (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)), 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки));

**Осипова Г.С.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки), 06.01.08 Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные науки), 06.01.09 Овощеводство (сельскохозяйственные науки));

**Осипова О.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, декан факультета «Зооинженерия и биотехнологии» (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки));

**Попов В.Д.**, академик РАН, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки));

**Рогозина Е.В.**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов картофеля, ВИР (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки));

**Ружьев В.А.**, кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Технические системы, сервис и энергетика» (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки));

**Смелик В.А.**, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки));

**Сорокопудов В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. центром генетики, селекции и интродукции садовых культур, ФГБНУ ВСТИСП (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки), 06.01.08 Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные науки), 06.01.09 Овощеводство (сельскохозяйственные науки));

**Спиридонов А.М.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета «Плодоовощеводство и перерабатывающие технологии» (06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки), 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

**Станишевская О.И.**, доктор биологических наук, руководитель отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц, ВНИИГРЖ – филиал ФГБНУ «ФНЦ животноводства – ВИЖ им. Академика Л.Н. Эрнста» (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки));

**Шульга Л.П.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Генетика, разведение и биотехнологии животных» (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки));

**Юдаев И.В.**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки));

**Якушев В.П.**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель отдела моделирования адаптивных агротехнологий, ФГБНУ АФИ (06.01.03 Агрофизика (сельскохозяйственные науки), 06.01.04 Агрохимия (сельскохозяйственные науки)).

**IZVESTIYA**  
**SAINT-PETERSBURG STATE AGRARIAN UNIVERSITY**

QUARTERLY SCIENTIFIC JOURNAL  
№ 4 (57)

Editor-in-Chief

Doctor of Economics, Rector of FSBEI HE SPbSAU

**Zhgulev Evgeny Viktorovich**

Deputies Editor-in-Chief

Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Science

**Smelik Viktor Aleksandrovich**

Doctor of Economics, Vice-Rector for the Quality of Education and Informatization

**Fedorkov Aleksandr Ivanovich**

Executive Journal Editor

**Baranova Marina Dmitrievna**

**EDITORIAL BOARD**

**Aldoshin N.V.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Agricultural Machines" at FGBOU VO RSAU-Moscow Agricultural Academy of K.A. Timiryazev (05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences));

**Anisimov A.I.**, Doctor of Biology, Professor of the Department of "Plant Protection and Quarantine" (01.06.07 Plant Protection (Agricultural Sciences));

**Atroshchenko G.P.**, Doctor of Agriculture, Professor of the Department of "Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Horticulture" (01.06.08 Horticulture, viticulture (Agricultural Sciences), 01.06.09 Vegetable farming (Agricultural Sciences));

**Bolgov A.E.**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of "Animal Science, Fish Farming, Agronomy and Land Management", FSBI VO PetrGU (06.02.07 Breeding, selection genetics of farm animals (Agricultural Sciences));

**Ganusevich F.F.**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of "Plant Growing Department of I.A. Stebut" (06.01.01 General farming, plant growing (Agricultural Sciences));

**Didmanidze O.N.**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Automobile Transport", FGBOU VO RSAU-Moscow Agricultural Academy of K.A. Timiryazev (05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences));

**Dolzhenko V.I.**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agriculture, Professor, Deputy Director for Scientific Work, FGBNU VIZR (01.06.07 Plant Protection (Agricultural Sciences));

**Dolzhenko T.V.**, Doctor of Biology, Associate Professor of the Department of "Plant Protection and Quarantine" (01.06.07 Plant Protection (Agricultural Sciences));

**Donskikh N.A.**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of "Farming and Grassland" (06.01.01 General farming, plant growing (Agricultural Sciences), 06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops (Agricultural Sciences), (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

**Epifanov A.P.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Electricity and Electrical Equipment" (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (Technical Sciences));

**Ivanov A.I.**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agriculture, Professor, Chief Researcher, FGBNU APhI (06.01.01 General farming, plant growing (Agricultural Sciences), 06.01.03 Agrophysics (Agricultural Sciences), 06.01.04 Agrochemistry (Agricultural Sciences));

**Karpov V.N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Power Supply of Enterprises and Electrical Technologies" (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (Technical Sciences));

**Karynbaev A.K.**, Doctor of Agriculture, Professor of Department of "Biology", Taraz State University of M. X. Dulati (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals (Agricultural Sciences), 06.02.10 Private animal husbandry, technology of production of livestock products (Agricultural Sciences));

**Kulintsev V.V.**, Doctor of Agriculture, Director, FGBNU North-Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

**Lavrishchev A.V.**, Doctor of Agriculture, Associate Professor, Head of the Department of "Soil Science and Agrochemistry" (06.01.03 Agrophysics (Agricultural Sciences), 06.01.04 Agrochemistry (Agricultural Sciences));

**Laptev G.Yu.**, Doctor of Biology, Director of "Biotrof" LLC (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

**Mityukov A.S.**, Doctor of Agriculture, Leading Scientific Researcher, INOZ RAN (06.02.10 Private animal husbandry, technology of production of livestock products (Agricultural Sciences));

**Naida N.M.**, Doctor of Biology, Professor of the Department of "Farming and Grassland" (06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops (Agricultural Sciences));

**Novikov M.A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Technical Systems in Agribusiness" (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences)), 05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences));

**Osipova G.S.**, Doctor of Agriculture, Professor of the Department of "Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Horticulture" (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants (Agricultural Sciences), 06.01.08 Horticulture, viticulture (Agricultural Sciences), 06.01.09 Vegetable farming (Agricultural Sciences));

**Osipova O.V.**, Ph.D. in Agriculture, Associate Professor, Dean of the Faculty of "Animal Science and Biotechnology" (06.02.10 Private animal husbandry, technology for the production of livestock products (Agricultural Sciences));

**Popov V.D.**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, IAEP- Branch of FGNU FNAC VIM (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences));

**Rogozina, E.V.**, Doctor of Biology, Leading Scientific Researcher of Potato Genetic Resources Department, VIR (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants (Agricultural Sciences));

**Ruzhyev V.A.**, Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of "Technical Systems, Service and Energetics" (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences));

**Smelik V.A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice- Rector for Science» (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences));

**Sorokopudov V.N.**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Center for Genetics, Breeding and Introduction of Horticultural Plants, FGBNU VSTISP (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants (Agricultural Sciences), 06.01.08 Horticulture, viticulture (Agricultural Sciences));

**Spiridonov A.M.**, Doctor of Agriculture, Associate Professor, Dean of the Faculty of "Horticulture and Processing Technologies" 06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops (Agricultural Sciences), (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

**Stanishevskaya O.I.**, Doctor of Biology, Head of the Department of Genetics, Breeding and Preservation of genetic resources of agricultural birds VNIIGRZh – Branch of FGBNU "FNC animal breeding – VIZh of Academician L.N. Ernst" (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals (Agricultural Sciences));

**Shulga L.P.**, Doctor of Agriculture, Professor of the Department "Genetics, Breeding and Biotechnology of Animals" (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals (Agricultural Sciences));

**Yudaev I.V.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Research of the Azov-Black Sea Engineering Institute – Branch of FGBOU VO Don GAU (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (Technical Sciences));

**Yakushev V.P.**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agronomy, Professor, Head of the Department of Adaptive Agrotechnology Modeling, FGBNU AphI (06.01.03 Agrophysics (Agricultural Sciences); 06.01.04 Agrochemistry (Agricultural Sciences)).

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: АГРОНОМИЯ

<b>Осипова Г.С., Самбутова Ю.М.</b> К вопросу о методике изучения морфологических и биологических особенностей вида пеларгония зональная ( <i>Pelargonium X hortorum Bailey</i> ) .....	11
<b>Орлова А.Г., Рапина О.Г.</b> Сравнительная продуктивность различных сортов люпина белого в условиях Ленинградской области .....	17
<b>Лаврищева Т.А.</b> Влияние площади питания на биохимический состав цикорного салата эндивия при разных сроках посадки .....	22
<b>Шлявас А.В., Ермолаева Л.В.</b> Изучение устойчивости яблони к рябиновой моли в условиях Северо-Запада России .....	27
<b>Апаева Н.Н., Ямалиева А.М., Манишкин С.Г.</b> Влияние гранулированных органических удобрений на микромицетный состав почвы .....	32
<b>Баланов П.Е., Смотрева И.В., Абдуллаева М.С.</b> Исследование влияния Ресвератрола на стимуляцию и ингибирование вегетационных процессов в семенах сельскохозяйственных культур .....	38
<b>Митюков А.С., Нсенгумуремый Д., Баракова Н.В.</b> Влияние ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии, полученной с помощью ультразвуковой кавитации, на сроки хранения послеспиртовой барды .....	43

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<b>Падерина Р.В., Ковров А.В., Виноградова Н.Д.</b> Взаимосвязь аллелей групп крови с рядом хозяйственно-полезных признаков у коров .....	50
<b>Вагапова О.А., Швечихина Т.Ю.</b> Гемато-биохимические показатели коров черно-пестрой породы при использовании кормовой добавки Анимикс Альфа .....	55
<b>Смарагдов М.Г.</b> Сравнительная оценка генетических различий голштинских коров в стадах методом главных компонент и индексом фиксации С. Райта .....	60
<b>Сафронов С.Л., Давыдова О.А.</b> Оптимизация продуктивного долголетия коров как фактор увеличения производства молока .....	65
<b>Санганаева А.В., Склярская Т.В.</b> Молочная продуктивность и воспроизводительные качества коров разного возраста .....	71
<b>Зернина С.Г.</b> Сравнительная характеристика молочной продуктивности коров разного возраста и происхождения .....	79
<b>Горелик О.В., Федосеева Н.А., Кныш И.В.</b> Технология производства и качество сычужных сыров из молока коров разных пород .....	86
<b>Хайитов А.Х., Джураева У.Ш.</b> Особенности формирования механизмов терморегуляции и газоэнергетического обмена у овец .....	93
<b>Станишевская О.И., Федорова Е.С.</b> Генофондная популяция русских белых кур селекции ВНИИГРЖ: перспективы использования .....	100
<b>Гальперн И.Л., Перинек О.Ю.</b> Методы создания яично-мясного кросса кур с повышенными показателями качества биотехнологической и пищевой продукции для фермерских и приусадебных хозяйств .....	105
<b>Попов И.И., Шошина Ю.В.</b> Возможность использования уровня белка в желтке яиц как селекционного признака .....	112

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

<b>Дергачев А.В., Калинин А.С.</b> Способы повышения эффективности использования дизелей, работающих по специальным циклам .....	116
<b>Неговора А.В., Нигматуллин Ш.Ф., Разяпов М.М., Самиков Р.Ф.</b> Теоретические и экспериментальные исследования генератора горячих газов с термоэлектрической насадкой .....	123



<b>Аганов Д.С.</b> Расчётная методика определения соотношения остаточных газов и подачи воды в четвёртом такте двигателя Кроуэра .....	128
<b>Глущенко А.А., Зейнетдинов Р.А.</b> Оптимизация выбора технологических операций процесса регенерации отработанных масел .....	134
<b>Замальдинов М.М., Салахутдинов И.Р., Хакимов Р.Т.</b> Загрязнение минерального масла и влияние типа очистителя на износ двигателя .....	141
<b>Черных А.Г.</b> Расчет теплового баланса проточной части установки микроГЭС на базе центробежного насоса с экранированным асинхронным двигателем .....	148
<b>Чеботарев М.И., Харченко П.М.</b> Экспериментальная установка для исследования плотности и давления насыщенных паров бензиновых нефтяных фракций .....	157
<b>Картошкин А.П., Спиридонова А.Н.</b> Коррозионное воздействие охлаждающих жидкостей на металлы при эксплуатации .....	162
<b>Черняев И.О.</b> О необходимости и механизме формирования систем технической эксплуатации автотранспортных средств на основе непрерывного контроля их технического состояния .....	167
<b>Смирнов А.Г., Павлов В.С., Гордеев А.А.</b> Анализ структуры системы технического обслуживания автотранспортных средств .....	172
<b>Медведев М.С.</b> Повышение сохраняемости сельскохозяйственной техники в период хранения путем применения модульного защитного сооружения .....	178
<b>Улюкина Е.А.</b> Перспективы применения биотоплива при эксплуатации сельскохозяйственной и мобильной техники .....	183
<b>Панов А.Ю., Андрощук В.С.</b> Выбор электропривода опорных колес агрегируемых сельскохозяйственных машин .....	193
<b>Филимонов К.В.</b> Разработка узла подвески транспортного средства .....	197
<b>Журавлев С.Ю.</b> Повышение эффективности использования колесных тракторов на операциях почвообработки .....	205
<b>Керимов М.А.</b> Системный анализ в проектировании агротехнологий .....	210
<b>Беззубцева М.М., Волков В.С., Абдурахманов Х.А.</b> Исследование процесса измельчения материалов электромеханическим способом .....	217
<b>Курасов В.С., Припоров И.Е.</b> Обоснование применения технологии приготовления белкового комбикорма .....	223
<b>Морозов В.В., Савельева Л.Н.</b> Пути повышения качества сапропеле-минеральных удобрений .....	228
<b>Кузнецов Н.Н., Шушков Р.А., Вершинин В.Н.</b> Имитационное моделирование работы технологической линии послеуборочной обработки семенного зерна .....	235
<b>Сухопаров А.И., Иванов И.И., Плотникова Ю.А.</b> Моделирование движения частицы в рабочей области центробежно-роторного измельчителя .....	240
<b>Красильников В.В., Долговых О.Г., Спиридонов А.Б.</b> Влияние предпосевной обработки семян лазером на урожайность яровой пшеницы .....	249
<b>Мишанов А.П., Ракутько С.А., Маркова А.Е.</b> Выращивание зеленных культур в светокультуре с применением метода электрохимической активации питательных растворов и интеллектуальной системы управления .....	256
<b>Волхонов М.С., Смирнов И.А., Джаббаров И.А., Чуперка М.Г.</b> Разработка и исследование работы устройства контроля окончания сушки по характеру изменения температуры материала .....	261

### **ИСТОРИЯ И ТРАДИЦИИ УНИВЕРСИТЕТА**

<b>Картошкин А.П., Сквородин В.Я.</b> Кряжков Валентин Митрофанович – ректор, учёный, воспитатель .....	272
<b>Муравьев К.Е.</b> Самуил Акбрамович Иофинов и кафедра «Эксплуатация машинно-тракторного парка» .....	278
<b>Царенко В.П., Лунина Н.Ф.</b> Памяти Виктора Никифоровича Ефимова (к 90-летию со дня рождения) .....	285
<b>Аннотации</b> .....	289

## AGRICULTURAL SCIENCE: AGRONOMY

<b>Osipova G.S., Samburova Yu.M.</b> To the question of the studying method of morphological and biological features of pelargonium zonal variety ( <i>Pelargonium x hortorum Bailey</i> ) .....	11
<b>Orlova A.G., Rapina O.G.</b> Comparative productivity of various varieties of lupine white in the conditions of the Leningrad region .....	17
<b>Lavrishcheva T.A.</b> The effect of the nutrition on the biochemical composition of endive lettuce at different planting periods .....	22
<b>Shlyavas A.V., Ermolaeva L.V.</b> Investigation of apple resistance to apple fruit moth at the North-West of Russia .....	27
<b>Apaeva N.N., Yamalieva A.M., Manishkin S.G.</b> Influence of granulated organic fertilizers on the micromycetite composition of the soil .....	32
<b>Balanov P.E., Smotraeva I.V., Abdullaeva M.S.</b> Research of Resveratrol influence on stimulation and inhibition of vegetation processes in seeds of agricultural crops .....	38
<b>Mityukov A.S., Nsengumuremyi D., Barakova N.V.</b> Effect of ultrafine humate-sapropel suspension obtained by ultrasonic cavitation, on the shelf life of post-alcohol bard .....	43

## AGRICULTURAL SCIENCES: VETERINARY MEDICINE & ANIMAL SCIENCE

<b>Paderina R.V., Kovrov A.V., Vinogradova N.D.</b> Interrelation of alleles of blood types with a number of the economic and useful signs at cows .....	50
<b>Vagapova O.A., Shvechikhina T.Yu.</b> Hemato-biochemical parameters of black-and-white cows breed when using fodder additives Animix Alpha .....	55
<b>Smaragdov M.G.</b> Comparative evaluation of the genetic differences of holstein cows in herds by the method of principal components and C. Wright's fixation index .....	60
<b>Safronov S.L., Davydova O.A.</b> Optimization of productive longevity of cows as a factor in milk production increasing .....	65
<b>Sanganaeva A.V., Sklyarskaya T.V.</b> Milk productivity and cows reproductive qualities of different ages .....	71
<b>Zernina S.G.</b> Comparative characteristics of milk productivity cows of different age and origin .....	79
<b>Gorelik O.V., Fedoseeva N.A., Knysch I.V.</b> Production technology and quality of rennet cheese from cow milk of different breeds .....	86
<b>Khaitov A.KH., Dzurraeva U.SH.</b> Features of mechanisms formation of thermoregulation and gas-energy exchange in the sheep .....	93
<b>Stanishevskaya O.I., Fedorova E.S.</b> Gene pool population of russian white chickens selection of VNIIGRZH breeding: prospects of use .....	100
<b>Galpern I.L., Perinek O.Yu.</b> Methods for creation of egg-meat cross chickens with increased indicators of biotechnological and food products quality for farms and households .....	105
<b>Popov I.I., Shoshina Yu.V.</b> The possibility of using the level of protein in the eggs yolk as a selection trait .....	112

## ENGINEERING SCIENCE: PROCESSES AND MACHINES OF AGRO ENGINEERING SYSTEMS

<b>Dergachev A.V., Kalinin A.S.</b> Methods for efficiency improving of diesels use when operating on special cycles .....	116
<b>Negovora A.V., Nigmatullin Sh.F., Razyapov M.M., Samikov R.F.</b> Theoretical and experimental studies of a hot gas generator with a thermoelectric nozzle .....	123
<b>Agapov D.S.</b> Calculation method for determining the ratio of residual gases and water supply in the fourth stroke of the crower engine .....	128
<b>Glushchenko A.A., Zeynetdinov R.A.</b> Optimization of the choice of technological operations of the process of regeneration of waste oils .....	134

<b>Zamaldinov M.M., Salakhutdinov I.R., Khakimov R.T.</b> Mineral oil contamination and purifier type influence on engine wear .....	141
<b>Chernykh A.G.</b> The calculation of the heat balance flow of the installation of micro hydropower plant on the basis of centrifugal pump with enclosed induction motor .....	148
<b>Chebotarev M.I., Kharchenko P.M.</b> An experimental installation for studying the density and pressure of saturated vapors of gasoline petroleum fractions .....	157
<b>Kartoshkin A.P., Spiridonova A.N.</b> Corrosive effect of coolants on metals during operation .....	162
<b>Chernyaev I.O.</b> On the necessity and mechanism of technical operation systems forming for motor vehicles based on continuous control of their technical condition .....	167
<b>Smirnov A.G., Pavlov V.S., Gordeev A.A.</b> Analysis of the structure of the vehicle maintenance system .....	172
<b>Medvedev M.S.</b> Improvement of agricultural machinery safekeeping when storage by applying modular protective construction .....	178
<b>Ulyukina E.A.</b> Prospects for the use of biofuels in the operation of agricultural and mobile equipment .....	183
<b>Panov A.Yu., Androshchuk V.S.</b> Selection of electric drive for support wheels on aggregated agricultural machines .....	193
<b>Filimonov K.V.</b> Development of a vehicle suspension unit .....	197
<b>Zhuravlev S.Yu.</b> Improvement of wheel tractors use efficiency on tillage operations .....	205
<b>Kerimov M.A.</b> System analysis in the design of agricultural technologies .....	210
<b>Bezzubtseva M.M., Volkov V.S., Abdurakhmanov H.A.</b> Study of the process of materials grinding by electromechanical way .....	217
<b>Kurasov V.C., Priporov I.E.</b> Justification of application of technology of preparation of protein compound feed .....	223
<b>Morozov V.V., Savelieva L.N.</b> Ways to improve the quality of sapropel-mineral fertilizers .....	228
<b>Kuznetsov N.N., Shushkov R.A., Vershinin V.N.</b> The simulation modeling of functioning of the technological line of post-harvest treatment of seed grain without and with forage fractionation before drying .....	235
<b>Sukhoparov A.I., Ivanov I.I., Plotnikova Yu.A.</b> Simulation of particle motion in the work area of centrifugal-rotary shredder .....	240
<b>Krasilnikov V.V., Dolgovykh O.G., Spiridonov A.B.</b> Effect of pre-sowing laser seed treatment on the spring wheat productivity .....	249
<b>Mishanov A.P., Rakutko S.A., Markova A.E.</b> Leaf vegetables cultivation in indoor plant lighting using electrochemical activation of nutrient solutions and intellectual control system .....	256
<b>Volhonov M.S., Smirnov I.A., Jabbarov I.A., Ciuperca M.G.</b> Development and research of the device work for of drying finish control by the character of material temperature change .....	261

#### **HISTORY AND TRADITIONS OF THE UNIVERSITY**

<b>Kartoshkin A.P., Skovorodin V.Ya.</b> Kryazhkov Valentin Mitrofanovich - rector, scientist, educator .....	272
<b>Murav'ev K.E.</b> Samuil Abramovich Iofinov and department «operation of the machine and tractor fleet» .....	278
<b>Carenko V.P., Lunina N.F.</b> In memoriam of Viktor Nikiforovich Efimov (on the occasion of the 90th birthday) .....	285
<b>Annotations</b> .....	289

УДК 635.9

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14011

Доктор с.-х. наук, проф. Г.С. ОСИПОВА  
(ФГБОУ ВОСПБГАУ, prof.osipova@mail.ru)Аспирант Ю.М. САМБУРОВА  
(ФГБОУ ВОСПБГАУ, konsnanta-1@yandex.ru)

**К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ  
И БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВИДА ПЕЛАРГОНИЯ ЗОНАЛЬНАЯ  
(*Pelargonium X hortorum Bailey*)**

Пеларгония зональная относится к семейству *Geranium*, роду *Pelargonium*, разделу *Ciconium*. Род *Pelargonium L. Herit.* – один из крупнейших в семействе Гераниевых (*Geranium*) и включает 280 видов растений, многие из которых представляют большой интерес для декоративного растениеводства, фармакологии и как эфиромасличные растения [1,2]. Большинство видов пеларгонии произошли из Южной Африки, некоторые представители вида – эндемики и произрастают только в юго-западной Капской провинции (около 160 видов). Также род представлен 18 видами, которые произрастают в других частях Африки, 8 – в Австралии, 2 – на Мадагаскаре, 2 – в Азии и по одному на острове Святой Елены и Тристан де Кунья. Центр происхождения рода принято считать по существующему ареалу распространения видов. Виды представлены: кустарниками, полукустарниками и травянистыми растениями [3].

Появление пеларгонии в Европе датируется XVI веком, в то время растение было очень редким. Считается, что пеларгонию впервые обнаружил Джон Традескант (1570-1638), ботаник короля Чарльза Первого на Мысе Доброй Надежды в Южной Африке. Первая пеларгония попала в Европу предположительно в конце XVI века. Долгое время пеларгонию считали одним из новых видов герани, что привело к заблуждению. Ошибочно пеларгонию называют геранью и в настоящее время.

Массовый ввоз южно-африканских пеларгоний в Европу породил настоящую страсть к выращиванию этих растений среди профессионалов и любителей. Пеларгонию сначала выращивали в оранжереях в Голландии, а затем и в Англии. В 1710 году из южной Африки в Англию была впервые ввезена пеларгония зональная (*Pelargonium zonale L.*), которую начали культивировать в открытом грунте в садах герцогини Бофорт (Beaufort). Этот вид и послужил прародителем *Pelargonium x hortorum Bailey*.

В России пеларгония зональная впервые появилось в XVIII – XIX веке и сразу же получила широкую популярность среди аристократов. Этим необычным цветком они стали украшать свои роскошные дома. Известно, что в оранжерее Александровского сада, самой значительной в Москве, в 1858 году выращивалось 20 видов южноафриканских пеларгоний. В Крыму пеларгонию высаживали на клумбах в парке графа Воронцова, в Никитском ботаническом саду.

Селекцией пеларгонии занимались не только садоводы, но и любители, отбирая при культивировании естественные гибриды и мутантные формы с наиболее декоративными листьями и цветками. Первыми стали выводить новые сорта и гибриды во Франции, с использованием гибридизации, где в 1863 году впервые были получены махровые формы (*Rosebud*). Самый известный и популярный сорт *Australian pink rosebud*. В результате многолетней селекции, которая проводится в странах Европы, создано огромное количество сортов, гибридных форм, линий и клонов. В настоящее время мировой сортимент пеларгонии зональной насчитывает более 75000 зарегистрированных сортов.

Впервые на базе Санкт-Петербургского государственного аграрного университета собрана коллекция из 50 сортов и гибридов пеларгонии зональной, на основе которой ведется изучение морфологических и биологических признаков.

**Цель исследования** – провести сравнительную оценку морфологических, биологических показателей сортов и гибридов пеларгонии зональной на основе коллекции СПбГАУ для дальнейшего использования в селекции и семеноводстве.

**Материалы, методы и объекты исследования.** За основу взята методика В.Ф. Зининой «Первичная оценка декоративных признаков у интродуцированных сортов пеларгонии зональной» (1985), объекты исследования: сорта и гибриды пеларгонии зональной из коллекции СПбГАУ.

**Результаты исследований.** Изучаемые сорта пеларгонии зональной (*Pelargonium X hortorum Bailey*) выведены из диких видов, преимущественно, это гибриды *P. zonale* x *P. inguinans*. Это вечнозеленый полукустарник до 0,8 м высотой, с мясистыми, опушенными побегами. Стебли толстые, ломкие, с малым количеством колленхимы. Листья округлые до 10 см шириной, форма листа сердцевидно-округлая, листья цельные, слаболопастные или сильнолопастные, голые или опушенные. На лицевой стороне листовой пластинки обычно бурые или темно-коричневые антоцианинсодержащие зоны, что послужило ботаническому названию «zonal». Форма листа и черешков – видоспецифический признак, и может использоваться для таксономической диагностики [4].

Соцветие состоит из многочисленных сидячих цветков и представляет собой зонтиковидную извилину, которая включает от двух до нескольких десятков цветков [1,5]. Цветки обоеполые, правильные или слегка зигоморфные, с двойным околоцветником обычно в цимозных соцветиях (симподиальные), в диаметре от 1,5 до 6 см.

Цветки имеют различную форму и окраску, от белой до красно-фиолетовой. Ось цветка иногда имеет трубчатое углубление. Чашелистиков и лепестков 5-6. Венчик ассиметричный, зигоморфный с пятью свободными неравными лепестками, из которых два верхних более крупные и интенсивнее окрашены. На них чаще встречается рисунок в виде пятен или прожилок. Тычинок 7-10, в двух кругах, при основании сросшихся, иногда с нектарными желёзками, реже их 5 (остальные превращены в стаминодии). Гинецей синкарпный, чаще из 3-5 плодолистиков. Пестик один, стилодий или столбик. Рыльца головчатые или удлинённые. Завязь верхняя, лопастная, 5-гнездная (реже 4-3-х), вытянутая в виде клювика, в гнезде чаще с 1-2 анатропными семязачатками с 2 интегументами. Плацентация центрально-угловая.

Плод-коробочка, распадается на односеменные мерикарпии до 3,5 мм длиной, снабженные хохолками и спиралевидными придатками. Семена без эндосперма с закрученными семядолями, созревают за 30-40 дней. Семя имеет сформированный зародыш (корешок, гипокотиль, 2 семядоли). Оболочка твердая, трехслойная. В 1 г примерно 120-160 шт., масса 1000 очищенных семян в пределах 2,6-5,3 г. Семена лучше завязываются в летний период. Всхожесть варьирует от 18-30 до 70-80% в зависимости от сорта [6].

У пеларгонии зональной семь основных наборов хромосом:  $x = 4, 7, 8, 9, 10, 11$  и  $17$  (Van der Walt, 1992) с плоидностью от 8 до 104 соматических чисел. Она в сильной степени приспособлена к перекрестному опылению при помощи насекомых, что не препятствует самоопылению [7]. Переопыляемость в основном ограничена видами с одинаковым числом хромосом и уровнем плоидности [8].

Пеларгония зональная родом из зоны сухих субтропиков, отличается высокой засухоустойчивостью, требует для своего развития значительно меньше влаги, чем многие декоративно-цветочные культуры, не выносит застоя воды. В условиях влажной и пасмурной погоды цветки пеларгонии плохо оплодотворяются, а завязи загнивают.

Семена прорастают при температуре 5-30<sup>0</sup>С, оптимальная температура – 22-25<sup>0</sup>С. Глубина заделки семян 0,5-1,0 см, всходы появляются через 7-14 дней от посева, возможен поверхностный посев. У семян пеларгонии нет периода покоя, высевать можно сразу после

сбора. При оптимальных условиях хранения всхожесть сохраняется 2-3 года. Оптимальная температура для всходов днем  $+20^{\circ}\text{C}$ , ночью  $+16^{\circ}\text{C}$ . От посева до цветения в среднем проходит 4-8 месяцев [6].

Для лучшего цветения пеларгония зональная нуждается в формировании, хотя это может привести к задержке цветения в среднем на 2-3 недели. Светолюбива, выращивается на прямом солнечном освещении, переносит небольшое затенение. Первые недели после посадки черенков освещенность должна составлять 27–33 тыс. лк.; как корни полностью оплетут горшок, до 40–45 тыс. лк. [9]. Оптимальная температура для роста и развития весной и летом  $+20\text{--}24^{\circ}\text{C}$ . В осенне-зимний период оптимальной является дневная температура  $+16\text{--}18^{\circ}\text{C}$ , ночная  $+14\text{--}16^{\circ}\text{C}$ . Цветение длительное, в открытом грунте – с мая по октябрь, волнообразное.

Размножается семенами и зелеными черенками, весенними (февраль-март) и летними (август). Летние черенки после укоренения развиваются интенсивнее ранневесенних. Черенки в зависимости от силы роста маточного растения нарезают длиной 5-10 см, перед посадкой подвяливают в течение 1–3 часов, затем высаживают в легкий субстрат с добавлением песка или перлита. При температуре  $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$  укоренение происходит через 2,5-3,5 недели [4]. Колебание температур приводит к вытягиванию стеблей и ослаблению ветвления. Чтобы растение было компактным, в последние 3–4 недели выращивания черенков необходимо поддерживать температуру днем  $16\text{--}18^{\circ}\text{C}$  [9].

К почвам не предъявляет определенных требований, однако предпочитает субстрат плодородный, влаго-воздухоёмкий, pH 5,5-6,2, для тепличного производства пеларгонии зональной следует рекомендовать pH среды 6,4 - 6,5 [10]. Оптимальный субстрат: торф 55-70%; перлит 20-25%; вермикулит 5-10%. Оптимальное значение ЕС (электропроводности водного раствора субстрата) для пеларгоний составляет 1,0-2,5 мСм / см.

Пеларгония зональная относительно устойчива к внешним факторам среды, а также слабо поражается болезнями и вредителями, толерантна к условиям среды. В Северо-Западном регионе в открытом грунте не зимует, однако взрослое растение выдерживает заморозки до  $-3^{\circ}\text{C}$ .

Представители рода *Pelargonium L.Herit.* издавна используются в озеленении, и большую полярность набирает пеларгония зональная (*Pelargonium X hortorum Bailey*). К основным декоративным признакам пеларгонии зональной можно отнести разнообразную окраску соцветий и листьев, форму лепестков и листьев, махровость цветков.

В настоящее время селекция декоративных растений направлена на создание новых, высоко декоративных, устойчивых к внешним факторам сортов и гибридов. Пеларгония – широко востребованная культура, она занимает первое место в мире по объему продаж горшечных цветочных растений и третье место по оптовой стоимости.

Пеларгония зональная – одна из наиболее популярных и распространенных цветочных культур, как в частном садоводстве, так и для широкого применения в цветочном оформлении. Работы по интродукции и селекции пеларгонии велись в Никитском ботаническом саду–НБС ННЦ (г. Ялта) и Всероссийском научно-исследовательском институте цветоводства и субтропических культур (г. Сочи). Несмотря на большой интерес к этому растению, в настоящее время только 9 сортов пеларгонии зональной включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, это сорта: «Нежность», «Облако» (2009), «Коралл», «Пламя» (2010), «Белоснежка», «Малинка», «Оранжевое пламя» (2011), «Мандарин» (2012), «Амри Пикегз» (2014) [11].

Современные сорта пеларгонии зональной представлены весьма разнообразно. По количеству лепестков цветка делятся на 4 группы (табл.), а сорта выделяют в отдельные группы [12].

Таблица 1. Классификация пеларгонии зональной по количеству лепестков

Признак	Степень махровости	Количество лепестков в цветке, шт.	Количество чашелистиков в цветке, шт.	Примечание	Сортов в коллекции, шт.
По количеству лепестков в цветке	Немахровые ( <i>Single Zonal pelargoniums</i> )	5-6	5	Тычинки, тычиночные нити, пестик присутствуют	10
	Полумахровые ( <i>Semi-Double Pelargonium Zonale</i> )	7-15	5-6	Тычинки и пестик присутствуют, возможно, деформированы тычиночные нити	19
	Махровые ( <i>Double Zonal pelargoniums</i> )	16-24	5-6	Тычинки и пестик присутствуют, возможно, деформированы тычиночные нити	12
	Супермахровые ( <i>Rosebude Zonal pelargoniums</i> )	25-56	5-6	Тычинки отсутствуют или присутствуют единично с деформированными тычиночными нитями, пестик деформирован или отсутствует	9

По форме цветка зональные пеларгонии подразделяются на следующие:

1. Розоцветные (*Rosebude Zonal pelargoniums*), в коллекции 9 сортов, это: «April Snow», «Rubi Rosebud», Sutarves «Klara San», РАС «Viva Rosita», «Apple Blossom Rosebud», «Anita», «Denise», «Swanland Pink /Australien Pinkrosebud», «Pink Rambler».

2. Тюльпановидные (*Tulipebud Pelargonium Zonale*), коллекция представлена 3 сортами: «Red Pandora», «Pink Pandora», «Emma fran bengtsbo».

3. Гвоздикоцветковые (*Carnation Pelargonium Zonale*), в коллекции 2 сорта: «Quantum Lite pink», «Vancouver Centennial».

4. Звездчатые (*Stellar Zonal pelargoniums*), в коллекции 2 сорта: РАС «Fireworks Bicolor», «Liza Y».

5. Кактусовидные (*Cactus-flowered Zonal pelargoniums*), в коллекции 1 сорт: «Mrs. Salter Bevis».

По окраске лепестков сорта подразделяются:

1. Однотонный (*Solid*): «Albina», «Margaretha».

2. Глазки (*Eyes*): РАС «Fireworks Bicolor».

3. Пикоти (*Pikoti*): РАС «Salmon Queen», «Denise».

4. Жилки (*Vein*).

5. Белый центр (*White middle*): «Brackenwood».

6. Сегмент и штрихи (*Segments, Strokes*): «Brookside Polka», «Diane Louise».

7. Птичьи яйца (*Bird s Egg*): «Double Pink Bird's Egg».

8. Кайма (*Border*): «Carmel», «Mr. Wren».

По ширине лепестка:

1. Узкие (*With narrow petals*): «Honeywod Susanne», «Mrs. Salter Bevis».

2. Широкие (*With wide petals*): «Cumbanita Deep Rose».

По размеру цветка:

1. Крупные (Large): РАС «Salmon Queen».
2. Стандарт (Basic): «Deacon Mandarin».
3. Миниатюрные (Miniature): «Steffans Lina».

Габитус растения имеет большое значение в селекции декоративно-цветочных культур, например, для получения карликовых форм. Высота растений является генетически детерминированным признаком и, в первую очередь, характеризуется увеличением линейных размеров вегетативных и генеративных частей стебля. Современные сорта подразделяются на 5 групп по типу роста:

1. Стандартные (Basic), 30 см и выше, «Apple Blossom Rosebud».
2. Диконы (Deacon), 20-25 см, «Deacon Arlon».
3. Карликовые (Dwarf), 12,5-20 см, «Steffans Lina».
4. Миниатюрные (Miniature), 10-12,5 см, «Liza Yo».
5. Микроминиатюрные (Micro-miniature), до 10 см.

У всех групп, кроме стандарта, наблюдается увеличение числа боковых побегов, укорачиваются междоузлия, а количество листьев увеличивается, что делает растение более привлекательным.

Окраска листьев также придает пеларгонии зональной дополнительную декоративность. Пеларгония получила название благодаря наличию контрастно окрашенной зоны в центре листовой пластины. По окраске листьев сорта пеларгонии зональной подразделяют на 6 групп, имеющих общее название – Пестролистные (Fancy Leaved):

1. Двухцветные (Bicolour): «Happy Thought Red».
2. Трехцветные (Tricolour): «Contrast».
  - а) Золотые трехцветные (Gold Tricolor).
  - б) Серебряные трехцветные (Silver Tricolor (Silver Leaf)).
3. Бронзовые листья (Bronze Leaved).
4. Золотистые листья (Gold Leaved).
5. Темные листья (Black Leaved).
6. Бабочки (Butterfly Leaved): «Mrs. Pollock».

Форма листа – один из декоративных признаков. Лист пеларгонии зональной пятилопастной. Лопасты могут быть как четко выражены, так и слабо угадывающиеся. По форме листа сорта пеларгонии зональной подразделяют на 4 группы:

1. Стандарт (Basic), пятилопастной округлый лист: «Sarita Fire».
2. Медузы (Medusa), линейный, ланцетный лист.
3. Пятипальчиковые (Five-fingered) или Стеллары: «Liza Yo».
4. Пальчато – рассеченные, Формозумы (Formosum Hybrids).

Сорта пеларгонии зональной по наличию зоны на листе подразделяют на 3 группы:

1. Без зоны, лист не имеет зоны – подковообразной полоски на листе. Окраска листа – от светло до темно-зеленой.
2. Узкая зона, обычно расположена посередине листовой пластины или смещена ближе к краю.
3. Стандартная зона, по мере расширения становится ровнее.

**Вывод.** Полученные данные дают возможность сгруппировать (провести классификацию) изучаемых сортов по морфологическим и декоративным признакам. При изучении коллекционных сортов и гибридов пеларгонии зональной отмечена сортовая индивидуальность по ряду признаков, что указывает на перспективность использования их в селекционной работе.



## Литература

1. **Гутиева Н.М.** Перспективы семенного размножения пеларгонии зональной на черноморском побережье Кавказа / ГНУ ВНИИ Ц и СК Россельхозакадемия. – Сочи, 2008. – С.5.
2. **Корчагина А.В.** Оптимизация условий клонального микро размножения пеларгонии королевской. На правах рукописи. – М.- 2016.
3. **Lis-Balchin**, Geranium and pelargonium: the genera Feranium and Pelargonium\ M. Lis-balchin. – London, UK: South Bank University, 2002. – 318p.
4. **Попова М.А., Щепилова О.Н.** Морфолого-анатомические особенности избранных видов рода Pelargonium L. // Юный ученый. – 2016. – №3. С. 174-176. URL: <http://yun.moluch.ru/archive/6/355/> (дата обращения 23.02 2019).
5. **Pauline H. Andrews and P. Allen Hammer.** Response of Zonal and Ivy Geraniums to Root Medium pH. 2006. p. 1351 – 1355.
6. **Горбунова С.И.** Выращивание пеларгонии зональной из семян. Современные проблемы экологии и природопользования. – Мурманск: МГТУ, 2014. – С. 44-46.
7. **Дарвин. Ч.** Действие перекрёстного опыления и самоопыления в растительном мире. Перевод со 2-го англ. изд. В.А. Рыбин, Л.Н. Кохановский – М.-Л., Сельхозгиз., 1939. – С. 106.
8. **Van der Walt J.J.A., Vorster P.J.** Phytogeography of Pelargonium //Bothalia. – 1983. – vol. 14. – №. 3/4. – p. 517-523.
9. **Кудрявцев Д.Б.** Выращивание пеларгонии из черенков //Цветоводство. – 2013. – №4. – С. 2-4.
10. **Renou J.P.** et al. Evaluation of the genetic variability in the genus Pelargonium using RAPD markers //Journal of Horticultural Science. – 1997. – vol. 72. – №. 2. – p. 229.
11. [Электронный ресурс]: URL: <http://reestr.gosortrf.ru/reestr.html> Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию (дата обращения: 23.07.2019).
12. [Электронный ресурс]: URL: <https://thepelargoniumregister.com/> / The international register Pelargonium cultivars. (дата обращения: 19.08.2019).

## Literatura

1. **Gutieva N.M.** Perspektivy semennogo razmnozheniya pelargonii zonal'noj na chernomorskom poberezh'e Kavkaza / GNU VNII C i SK Rossel'hozakademya. – Sochi, 2008. – S.5.
2. **Korchagina A.V.** Optimizaciya uslovij klonal'nogo mikro razmnozheniya pelargonii korolevskoj. Na pravah rukopisi. – M.- 2016.
3. **Lis-Balchin**, Geranium and pelargonium: the genera Feranium and Pelargonium\ M. Lis-balchin. – London, UK: South Bank University, 2002. – 318p.
4. **Popova M.A., SHCHepilova O.N.** Morfologo-anatomicheskie osobennosti izbrannyh vidov roda Pelargonium L. // YUnyj uchenyj. – 2016. – №3. S. 174-176. URL: <http://yun.moluch.ru/archive/6/355/> (data obrashcheniya 23.02 2019).
5. **Pauline H. Andrews and P. Allen Hammer.** Response of Zonal and Ivy Geraniums to Root Medium pH. 2006. r. 1351 – 1355.
6. **Gorbunova S.I.** Vyrashchivanie pelargonii zonal'noj iz semyan. Sovremennye problemy ekologii i prirodopol'zovaniya. – Murmansk: MGTU, 2014. – S. 44-46.
7. **Darvin. CH.** Dejstvie perekryostnogo opyleniya i samoopyleniya v rastitel'nom mire. Pervod so 2-go angl. izd. V.A. Rybin, L.N. Kohanovskay– M.-L., Sel'hozgiz., 1939. – S. 106.
8. **Van der Walt J.J.A., Vorster P.J.** Phytogeography of Pelargonium //Bothalia. – 1983. – vol. 14. – №. 3/4. – r. 517-523.
9. **Kudryavcev D.B.** Vyrashchivanie pelargonii iz cherenkov //Cvetovodstvo. – 2013. – №4. – S. 2- 4.
10. **Renou J.P.** et al. Evaluation of the genetic variability in the genus Pelargonium using RAPD markers //Journal of Horticultural Science. – 1997. – vol. 72. – №. 2. – r. 229.
11. [Elektronnyj resurs]: URL: <http://reestr.gosortrf.ru/reestr.html> Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij dopushchennyh k ispol'zovaniyu (data obrashcheniya: 23.07.2019).
12. [Elektronnyj resurs]: URL: <https://thepelargoniumregister.com/> / The international register Pelargonium cultivars. (data obrashcheniya: 19.08.2019).

УДК 633.313

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14017

Канд. с.-х. наук **А.Г. ОРЛОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, yanevich-2@mail.ru)  
Ассистент **О.Г. РАПИНА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, red9027@yandex.ru)

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Люпин белый – культура относительно новая для России. В начале 60-х годов XX века в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева приступили к исследованиям белого люпина в условиях Центрального Черноземья. За полувековой период учёными традиционными методами селекции были выведены 6 сортов люпина белого, разработаны технологии возделывания с разной степенью интенсивности и уровнем использования агрохимических средств. В настоящее время северная граница возделывания белого люпина отодвинута на уровень южных районов Московской области, а ареал распространения культуры расширен и включает, кроме юга Центрального района Нечернозёмной зоны и Центрального Черноземья, Среднее Поволжье, северные предгорья Кавказа, южную часть Урала и Сибири [1].

Белый люпин имеет ряд преимуществ перед другими видами люпина и зернобобовыми, включая сою: значительный потенциал урожайности; относительная засухоустойчивость; высокое прикрепление бобов (потерь при уборке урожая практически нет); пониженное содержание уровня клетчатки (9-10%); масло белого люпина на 90% состоит из высокоценных ненасыщенных жирных кислот, в т.ч. олеиновой – 55%, а количество его в семенах белого люпина достигает 8-12%, что в 2 раза больше его содержания в семенах желтого и узколистного люпинов; высокое содержание белка (до 50%) не только в зерне, но и в зеленой массе (3% от общего объема зеленой массы составляет белок); бобы белого люпина при созревании не растрескиваются, семена не осыпаются; корневая система белого люпина отличается повышенным коэффициентом азотфиксации и благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями люпин способен накапливать в почве до 200 килограммов азота на 1 гектар; усваивает трудно растворимые фосфаты из почвы с помощью корневой системы (пшеница после люпина более урожайная и высокого качества); урожай семян можно получить без применения азота и фосфора; стоимость семян люпина на мировом рынке в 2 раза ниже стоимости сои; белки люпина весьма полиморфны и поэтому селекционные работы с ними очень перспективны; люпин обладает свойствами гелиотропизма (от восхода до заката солнца листовые пластинки поворачиваются перпендикулярно солнечным лучам), и это способствует повышению интенсивности фотосинтеза и большему накоплению органического вещества; не требует тепловой обработки при скармливании скоту [2].

Многочисленные данные опытов, проведённых в научно-исследовательских учреждениях России, показали, что белый люпин превосходит другие зернобобовые культуры, включая сою, узколистный люпин, горох, вику яровую, кормовые бобы, в 1,3-2,4 раза по величине урожая, а по сбору белка с 1 га – в 1,5-2,4 раза. Расчёты показали, что затраты на 1 га при возделывании белого люпина в 1,5 раза меньше, чем при возделывании сои. Сравнение величины урожая и биохимических показателей даёт основание утверждать, что белый люпин для России можно рассматривать или как дополнение к сое, или как альтернативу ей [3, 4, 5].

В настоящее время к люпину проявляет интерес также и пищевая индустрия. Муку из зерна люпина используют в хлебобулочной, макаронной, кондитерской и мясоперерабатывающей промышленности, в производстве диетических и лечебно-профилактических продуктов. В связи с тем, что на соевый белок тень бросает трансгенность, он становится все более не привлекательным для пищевых целей, в то время как люпиновый белок остается основной экологически не модифицированной белковой добавкой в пищевых продуктах [6].

Таким образом, белый люпин несет огромный биологический и экономический потенциал, который до настоящего времени полностью не используется. Внедрение люпина белого в новых сельскохозяйственных регионах в значительной степени может быть осуществлено посредством интродукции высокопродуктивных и скороспелых сортов.

**Цель исследования** – сравнительная оценка продуктивности различных сортов люпина белого в условиях Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Опыты были заложены на опытном поле кафедры растениеводства им. И.А. Стебута Санкт-Петербургского государственного аграрного университета 21 мая 2017 года. Объектом исследований являлись растения люпина белого Гамма st., Дега и Деснянский (ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова (ВИР). Размер делянок составил 1,8 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная. Предшественник – картофель. Агротехника посева – рекомендованная для зернобобовых культур. Норма высева 0,4 млн. шт./га, семена перед посевом обработали биопрепаратами клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium lupini* штамм 1610 (ФГБНУ ВНИИСХ микробиологии). Посев рядовой с шириной междурядий 0,45 м. Удобрения не вносили. Уход за посевами заключался в прополке и рыхлении междурядий.

Почва опытного участка – дерново-карбонатная выщелоченная, залегает на толще элюво-делювых карбонатных пород, среднесуглинистая. Почвы дерново-карбонатного типа формируются под влиянием дернового процесса почвообразования в условиях достаточного содержания кальция в почвообразующихся породах. Опытный участок имеет выровненный рельеф.

Профиль – типичный для карбонатной почвы. Состоит из гумусового горизонта мощностью от 10-15 до 30-40 см и подстилающей его карбонатной породы, окрашен в темно-серый цвет, вскипает от кислоты с поверхности. Водный режим – промывного типа. Содержание гумуса составляет 3,0%, почва хорошо насыщена основаниями (87%), обладает слабокислой реакцией (рНксл – 5,9) и не нуждается в известковании, подвижных форм фосфора очень высокое – 392,3 и обменного калия высокое – 213,3 мг на 1 кг почвы.

В данной исследовательской работе были использованы общепринятые методики получения и обработки научных данных: фенологические наблюдения проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [7]; урожайность зерна определяли методом сплошного учета с делянки с последующим пересчетом на стандартную влажность 14% и 100% чистоту [8]; систематическую обработку данных проводили на ПЭВМ с использованием программ Word 07 и Excel 07. Дисперсионный анализ полученных результатов проведен по методике Б.А. Доспехова [9].

**Результаты исследований.** У однолетних видов люпина принято отмечать следующие фазы: всходы, два настоящих листа, стебление, бутонизация, цветение, сизые, блестящие и спелые бобы. Люпин – культура раннего срока посева, т.к. в первой половине вегетации не требователен к теплу. Для прорастания семян люпину необходимо 120% влаги от массы сухих семян. Выпавших в 3 декаде мая 10 мм осадков было достаточно для прорастания семян люпина. Всходы люпина сортов Гамма и Деснянский были получены через 7 дней после посева, сорта Дега – на день позже (табл. 1).

Таблица 1. Фенологические наблюдения за посевами различных сортов люпина белого (опытное поле СПбГАУ, 2017 г.)

Фазы развития люпина	Вариант опыта (сорт)		
	Гамма st.	Дега	Деснянский
Всходы	28.05	29.05	28.05
Два настоящих листа	01.06	03.06	01.06
Стебление	13.06	18.06	15.06
Бутонизация	27.06	02.07	29.06
Цветение	11.07	13.07	11.07
Сизые бобы	23.07	28.07	24.07
Блестящие бобы	20.09	30.09	25.09

Невысокие июньские температуры 12-15,6<sup>0</sup>С и достаточная влагообеспеченность (76,7 мм) способствовали дружному нарастанию вегетативной массы люпина и прохождению фазы стеблевания. Первыми в фазу стеблевания вступили посеы люпина сорта Гамма – 13 июня, через два дня растения сорта Деснянский и через 5 дней – 18 июня растения сорта Дега. Период всходы – цветение по сортам, изучаемым в опыте, существенно не отличался и составил 45-46 дней (табл. 2).

Генеративные органы люпина – бутоны, образуются в пазухах листьев, на верхушках побегов, в это время происходит интенсивный рост побегов и элементов цветка. В этот период люпин особенно чувствителен к недостатку влаги, что может отразиться на ограничении вегетативного роста, сокращении завязываемости плодов и снижении урожая. В условиях эксперимента вторая половина июля отличалась повышенным количеством осадков – на 4-12 мм больше среднеголетних значений, поэтому на рост и развитие люпина сказалось положительно. Период цветение – образование плодов по сортам колебался от 12 до 15 дней.

Люпин требователен к теплу в период налива семян и созревания, при температуре ниже 14<sup>0</sup>С эти процессы приостанавливаются, вегетация сильно затягивается, что ярко проявилось в условиях 2017 года. В период налива зерна (третья декада августа – сентябрь) температура колебалась от 11,2 до 14,8<sup>0</sup>С, что очень сильно растянуло период образование плодов – блестящие бобы: до 59 дней – у сорта Гамма, 63-64 дня – у сортов Дега и Деснянский. Необходимо отметить, что в условиях 2017 года полной спелости бобов не было отмечено, убрали урожай в конце сентября – начале октября в фазе блестящих бобов, дозревали плоды в лабораторных условиях. Семена высушивали до стандартной влажности.

Таблица 2. Продолжительность периодов развития различных сортов люпина белого, дней (опытное поле СПбГАУ, 2017 г.)

Фазы развития люпина	Вариант опыта (сорт)		
	Гамма st.	Дега	Деснянский
Посев – всходы	7	8	7
Всходы – цветение	45	46	45
Цветение – образование плодов	12	15	13
Образование плодов – блестящие бобы	59	64	63
Вегетационный период	123	133	128
Сумма активных температур за вегетационный период, <sup>0</sup> С	2070	2104	2083

На основании полученных результатов можно отметить, что самым скороспелым из изучаемых сортов люпина белого оказался сорт Гамма, вегетационный период составил 123 дня. В характеристике сорта указано 106-108 дней, т.е. в условиях Ленинградской области вегетация затянулась из-за недобора тепла. В сравнении с сортом–стандартом люпин с. Деснянский увеличил вегетацию на 5 дней, а посеы с. Дега – на 10.

По литературным источникам, за вегетационный период растениям люпина белого требуется сумма активных температур 2000-2200<sup>0</sup>С. Условия 2017 г. обеспечили посеы таким количеством тепла. Для люпина с. Гамма от всходов до образования блестящих бобов сумма активных температур составила 2070<sup>0</sup>С, что меньше на 13<sup>0</sup>С у растений с. Деснянский и 34<sup>0</sup>С – с. Дега [10].

Сопоставляя продолжительность периодов с метеорологическими условиями, можно заключить, что сроки вегетации в значительной степени определяются сортовыми особенностями, теплообеспеченностью и количеством выпавших осадков.

Рост растений в высоту значительно изменялся по изучаемым сортам. Различия по высоте растений между сортами люпина белого начали проявляться с фазы стеблевания, в более ранние фазы они были незначительными. Наибольшая высота растений наблюдалась у

люпинов сорта Дега и Деснянский и составила 66,0-66,5 см, что на 5-5,5 см выше сорта стандарта.

Анализ снопового материала показал, что густота растений по вариантам опыта была одинаковой, сохраняемость люпина от посева до уборки составила 99-100%. Рассматривая показатели продуктивности, можно отметить, что люпин сорта Деснянский сформировал на 0,6 штуки (8,0) больше бобов на одно растение, чем сорт стандарт (7,4) (табл. 3).

У растений этого варианта больше было образовано и семян, что составило 24,4 шт./раст., у с. Дега – 23,8, Гамма – 22,2. Однако по массе семян с одного растения лидером признан люпин белый сорта Дега. Масса семян с 1 растения у него составила 8,3 г, что на 1,3 выше сорта стандарта и на 0,3 сорта Деснянский.

Таблица 3. Элементы структуры урожая сортов люпина белого (опытное поле СПбГАУ, 2017 г.)

Вариант (сорт)	Количество растений шт./м <sup>2</sup>	Число бобов, шт./раст.	Число семян, шт./раст.	Масса семян с 1 раст., г
Гамма st.	60	7,4	22,2	7,6
Дега	59	7,8	23,8	8,3
Деснянский	60	8,0	24,4	8,0

На рисунке 1 представлена масса 1000 семян изучаемых сортов. По полученным результатам можно сказать, что все сорта крупносемянные – более 320 г. Однако следует отметить, что семена сорта Деснянский мельче семян двух других испытуемых сортов на 15-20 г и весят 327 граммов.

Урожайность семян изучаемых сортов люпина является основным показателем эффективности их производства (рис. 2). Для получения высоких урожаев семян люпина хорошего качества нужно рационально сочетать высокий продукционный потенциал сортов и почвенно-климатические условия региона. Урожайность и качество семян зависели как от сортовых особенностей люпина, так и от складывающихся метеорологических условий.

Одинаковая урожайность зерна в нашем эксперименте получена на посевах люпина белого сортов Деснянский и Дега, она составила 4,8-4,9 т/га. Достоверная прибавка к сорту-стандарту Гамма составила 0,4 т/га при НСР<sub>05</sub> 0,1.

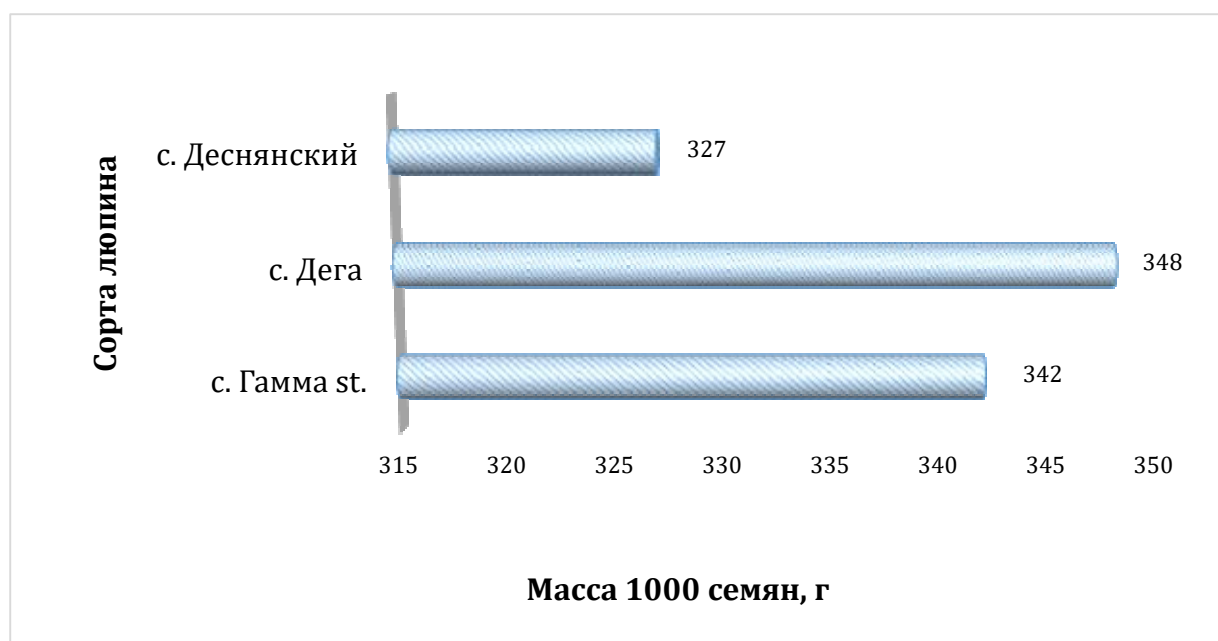


Рис. 1. Масса 1000 семян различных сортов люпина белого, г (опытное поле СПбГАУ, 2017 г.)

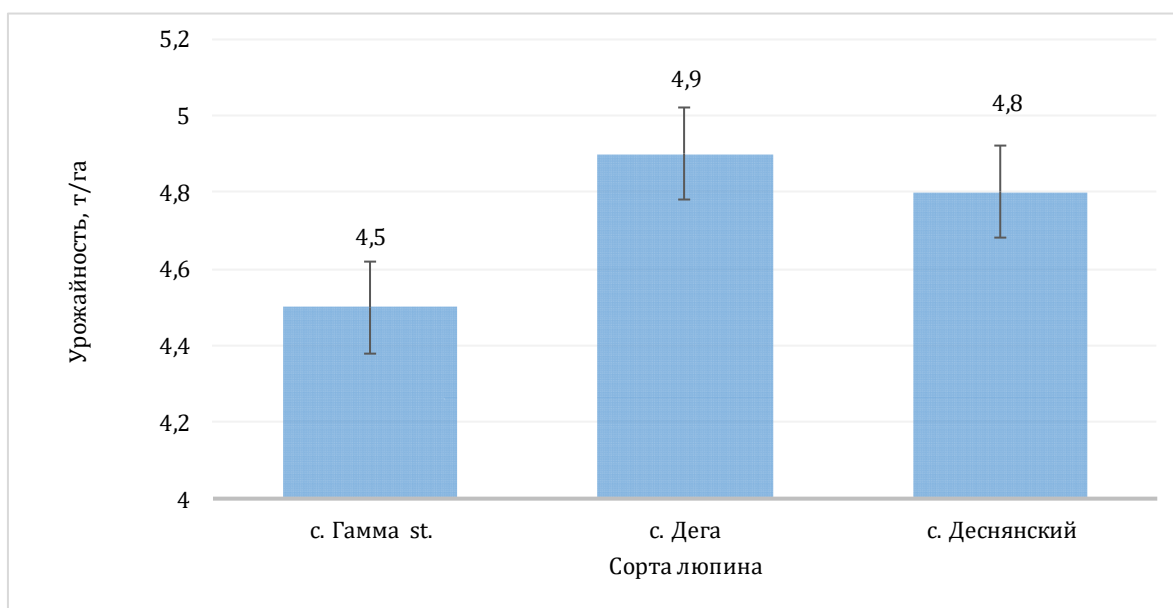


Рис. 2. Урожайность семян сортов люпина белого, т/га (опытное поле СПбГАУ, 2017 г.)

**Выводы.** На основании проведенных исследований для возделывания в условиях Ленинградской области можно рекомендовать люпин белый сорта Гамма как более скороспелый. Сорта люпина Дега и Деснянский хотя и более продуктивные, но суммы активных температур им не хватает, чтобы достичь полной спелости и провести качественную уборку урожая. Уборка семян – ответственный и сложный этап в технологии возделывания люпина. Это связано с неравномерностью созревания, повышенной влажностью семян и вегетативных органов при уборке, чувствительностью семян к механическим повреждениям. При применении десикации посевов в фазу блестящих бобов можно успешно провести уборку зерна, и в этом случае можно рекомендовать данные сорта для возделывания в условиях Ленинградской области.

### Литература

1. Гатаулина Г.Г., Медведева Н.В., Цыгуткин А.С. Сорта белого люпина селекции ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева: методические рекомендации. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2010. – 24 с.
2. [Электронный ресурс] URL: <https://rosselhocenter.com/stati-6/6053-soya-kultura-izvestnaya-a-lyupin-praktichnaya> (дата обращения: 11.11.2019).
3. Гатаулина Г.Г., Медведева Н.В., Цыгуткин А.С. Продолжительность вегетации, урожайность семян и элементы структуры урожая разнотипных сортов белого люпина в условиях северной части Центрально-Чернозёмного региона: материалы Международной научн.-практ. конференции «Культура люпина – его возможности и перспективы». – Брянск: ЗАО Издательство «Читай-город», 2012. – С.131-138.
4. Гатаулина Г.Г. За белым люпином будущее // Белый люпин. – 2014. – №1. – С. 2-6.
5. Наумкин В.Н., Шутьпеков А.С., Старикова Т.И. и др. Влияние инокуляции семян, микроэлементов и регуляторов роста на урожайность и качество зерна люпина белого в условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона: материалы Международной научн.-практ. конференции «Культура люпина – его возможности и перспективы»: – Брянск: ЗАО Издательство «Читай-город», 2012. – С. 283-286.
6. Артюхов А.И., Подобедова А.В. Современные направления исследований по люпину в России // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №1. – С.80-86.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М., 1989. – Вып. 2. – 194 с.

8. **Методические указания** по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М., 1987. – С. 201
9. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. – М., 2011. – 351 с.
10. **Гатаулина Г.Г., Бельшклина М.Е., Медведева Н.В.** Урожайность семян и элементы продуктивности у разнотипных сортов люпина белого (*Lupinus albus* L.) в разные по метеорологическим условиям годы – Электрон. текстовые дан. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – Вып. 6. – С.32-44.

### Literatura

1. **Gataulina G.G., Medvedeva N.V., Cygutkin A.S.** Sorta belogo lyupina selekcii FGOU VPO RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva: metodicheskie rekomendacii. – М.: Izd-vo RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2010. – 24 s.
2. [Elektronnyj resurs] URL: <https://rosselhocenter.com/stati-6/6053-soya-kultura-izvestnaya-a-lyupin-praktichnaya> (data obrashcheniya: 11.11.2019).
3. **Gataulina G.G., Medvedeva N.V., Cygutkin A.S.** Prodolzhitel'nost' vegetacii, urozhajnost' semyan i elementy struktury urozhaya raznotipnyh sortov belogo lyupina v usloviyah severnoj chasti Central'no-CHernozyomnogo regiona: materialy Mezhdunarodnoj nauchn.-prakt. konferencii «Kul'tura lyupina – ego vozmozhnosti i perspektivy». – Bryansk: ZAO Izdatel'stvo «CHitaj-gorod», 2012. – S.131-138.
4. **Gataulina G.G.** Za belym lyupinom budushchee // Belyj lyupin. – 2014. – №1. – S. 2-6.
5. **Naumkin V.N., SHul'pekov A.S., Starikova T.I.** i dr. Vliyanie inokulyacii semyan, mikroelementov i regulyatorov rosta na urozhajnost' i kachestvo zerna lyupina belogo v usloviyah yugo-zapadnoj chasti Central'no-CHernozemnogo regiona: materialy Mezhdunarodnoj nauchn.-prakt. konferencii «Kul'tura lyupina – ego vozmozhnosti i perspektivy»: – Bryansk: ZAO Izdatel'stvo «CHitaj-gorod», 2012. – S. 283-286.
6. **Artyuhov A.I., Podobedova A.V.** Sovremennye napravleniya issledovanij po lyupinu v Rossii // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2012. – №1. – S.80-86.
7. **Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur.** Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury. – М., 1989. – Vyp. 2. – 194 s.
8. **Metodicheskie ukazaniya** po provedeniyu polevyh opytov s kormovymi kul'turami. – М., 1987. – S. 201
9. **Dospekhov B.A.** Metodika polevogo opyta. – М., 2011. – 351 s.
10. **Gataulina G.G., Belyshkina M.E., Medvedeva N.V.** Urozhajnost' semyan i elementy produktivnosti u raznotipnyh sortov lyupina belogo (*Lupinus albus* L.) v raznye po meteorologicheskim usloviyam gody – Elektron. tekstovye dan. // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2016. – Vyp. 6. – S.32-44.

УДК 635.552

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14022

Зав. лабораторией **Т.А. ЛАВРИЩЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, ta.lavrishchev@yandex.ru)

### ВЛИЯНИЕ ПЛОЩАДИ ПИТАНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЦИКОРНОГО САЛАТА ЭНДИВИЯ ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ ПОСАДКИ

Цикорный салат эндивий (*Cichorium endivia* L.) – однолетнее или двулетнее растение семейства астровых, является перспективной культурой для выращивания в условиях Ленинградской области [1, 2].

Листья эндивия содержат белок, сахара, аскорбиновую кислоту и витамины группы В, провитамин А, соли калия, кальция и железа, а также ценные вещества инулин и глюкозид

интибин, благотворно влияющие на процессы пищеварения, обмен веществ, деятельность нервной и сердечно-сосудистой системы [3].

Выбор оптимальной схемы посадки растений, при которой формируется наиболее благоприятная площадь питания растений, является одним из наиболее важных элементов технологии выращивания культурных растений. Известно, что загущенное или очень редкое расположение растений сильно снижают урожай и качество продукции. Оптимальной густотой стояния растений эндивия, как считает ряд авторов, при ранних сроках посадки является 18-20, а при более поздних – 12-16 растений на квадратный метр [4]. Однако эти значения могут сильно варьировать в зависимости от сортов и условий произрастания.

В работе [5] нами были представлены результаты исследований влияния схемы посадки на урожайность и биометрические показатели растений цикорного салата эндивия. Влияние площади питания на качественный состав эндивия представлено в настоящем исследовании.

**Цель исследования** – выявить влияние площади питания на биохимический состав различных сортов салата цикорного эндивия, выращенных в условиях плёночных теплиц в Ленинградской области.

В задачи исследований входило провести биохимический анализ растений эндивия для определения следующих показателей: содержание сухого вещества, суммы сахаров, аскорбиновой кислоты, нитраты.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования проводились в 2015 году в плёночных теплицах на территории учебно-опытного сада СПбГАУ.

Для изучения были выбраны 4 сорта салата цикорного: сорт Frisse grosse pommat seule из коллекции овощных и бахчевых культур ВНИИР им. Н.И. Вавилова (страна происхождения – Аргентина, место репродукции – Майкоп, 2010 год); сорт Миледи, предоставленный научно-производственной фирмой «СеДек»; сорта Весенний и Ред Болл, предоставленные селекционно-семеноводческой компанией «Поиск».

Опыт включал три схемы посадки:

- 1) 20x15 см;
- 2) 20x20 см;
- 3) 20x30 см.

При этом площадь питания одного растения составила при схеме посадки 20x15 см – 0,03 м<sup>2</sup>, при схеме 20x20 – 0,04 м<sup>2</sup> и при схеме 20x30 см – 0,06 м<sup>2</sup>. Площадь делянок – 2 м<sup>2</sup>, повторность – 3-кратная. Количество растений на делянке, в зависимости от варианта, составило 75, 50 и 35 растений соответственно. Таким образом, густота стояния растений составила по вариантам опыта 32,5; 25 и 17,5 растений на 1 м<sup>2</sup>.

Посев проводили 21 марта (весенний оборот) и 5 июля (осенний оборот). Высаживали растения на делянки в конце мая и начале августа соответственно.

После уборки в растениях определяли следующие биохимические показатели: масса сухого вещества определялась методом высушивания в термостате при 105°C; содержание аскорбиновой кислоты – титрованием краской Тильманса, сумму сахаров – по Бертрану, нитраты – ионселективным методом.

**Результаты исследований.** Результаты изучения влияния схемы посадки в весеннем обороте на биохимический состав растений приведены в табл.1.

Полученные данные свидетельствуют, что чётких закономерностей в содержании сухого вещества в листьях салатного цикория между вариантами опыта выявлено не было.

Как видно из табл. 1, наибольшее содержание сухого вещества у растений, выращенных в весеннем обороте, было установлено у сорта Весенний (12,6%) при схеме посадки 20x15 см. Оно достоверно различалось со всеми вариантами опыта. При такой площади питания наибольшее накопление сухого вещества наблюдалось также у сорта Ред Болл (9,65%). У сортов Frisse grosse pommat seule и Миледи максимальное накопление сухого вещества растениями было выявлено при схемах посадки 20x20 и 20x30 см соответственно. При выращивании растений в осеннем обороте (табл. 2) наибольшее накопление сухого



вещества наблюдалось у сорта Миледи при схеме посадки (20x15). При такой площади питания наибольшее накопление сухого вещества наблюдалось также у сорта Ред Болл (7,23%). У сортов Frisse grosse romat seule и Весенний максимальное накопление сухого вещества растениями было выявлено при схемах посадки 20x30 см.

Таблица 1. Биохимический состав салатного цикория эндивия в весеннем обороте

Сорт	Схема посадки	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Нитраты, мг/кг
Frisse grosse romat seule	20x15	10,13	1,17	3,9	838
	20x20	10,63	3,12	3,0	1709
	20x30	9,70	2,13	5,0	1628
Миледи	20x15	6,69	1,73	5,9	1086
	20x20	9,21	3,82	2,5	1940
	20x30	10,67	2,58	6,5	1882
Весенний	20x15	12,60	2,76	3,0	732
	20x20	7,47	3,84	2,5	1200
	20x30	10,07	2,35	4,7	1034
Ред Болл	20x15	9,65	2,35	3,4	787
	20x20	6,64	4,30	1,5	1569
	20x30	7,58	3,33	8,9	1420
НСР <sub>05</sub> (фактор А)		0,29	0,50	1,42	55,07
НСР <sub>05</sub> (фактор В)		0,33	0,58	1,64	63,59
НСР <sub>05</sub> частных		0,58	1,01	2,83	110,14

Изучение влияния площади питания на накопление сахаров у растений, выращенных в весеннем обороте, показало, что наибольшее накопление сахаров наблюдалось у растений при схеме посадки 20x20 см (табл. 1). Эта закономерность проявилась для всех изучаемых сортов и варьировала в зависимости от сорта в интервале 3,12-4,3%. Наименьшее накопление сахаров было выявлено в вариантах со схемой посадки 20x15 см с наименьшей площадью питания. При этом у сорта Весенний достоверных различий в накоплении сахаров между вариантами 20x15 и 20x30 см не наблюдалось. В остальных случаях количество сахаров у растений из варианта 20x30 см имело промежуточное значение и достоверно различалось как с вариантом 20x15, так и с вариантом 20x20 см.

Таблица 2. Биохимические показатели цикорного салата эндивия в осеннем обороте

Сорт	Схема посадки	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Нитраты, мг/кг
Frisse grosse romat seule	20x15	5,67	2,25	3,88	210
	20x20	4,92	2,32	2,25	148
	20x30	6,02	2,47	3,94	156
Миледи	20x15	9,06	3,35	3,59	270
	20x20	5,73	3,10	3,00	183
	20x30	7,90	2,80	3,75	430
Весенний	20x15	5,79	2,83	3,69	167
	20x20	6,00	1,47	2,20	110
	20x30	6,61	3,02	3,60	146
Ред Болл	20x15	7,23	3,55	4,29	101
	20x20	5,40	1,36	2,20	177
	20x30	6,43	2,36	3,48	179
НСР <sub>05</sub> (фактор А)		0,27	0,17	0,40	9
НСР <sub>05</sub> (фактор В)		0,32	0,20	0,46	10
НСР <sub>05</sub> частных		0,55	0,34	0,80	17

При выращивании растений в осеннем обороте закономерности, выявленные ранее, не подтвердились (табл. 2). Накопление сахаров растениями осеннего оборота имело среднюю корреляционную связь с содержанием в растениях сухого вещества ( $r=0.59$ ). Наибольшее количество сахаров было выявлено в растениях с максимальным накоплением сухого вещества и не зависело от площади питания.

Наибольшее накопление аскорбиновой кислоты в растениях, выращенных в весеннем обороте, было обнаружено при схеме посадки 20x30 см. В осеннем обороте подобная закономерность была выявлена только у сортов Frisse grosse pomat seule и Миледи. У растений сортов Весенний и Ред Болл максимальное накопление аскорбиновой кислоты было обнаружено в варианте со схемой посадки 20x15 см.

Анализ содержания в растениях нитратов показал, что наибольшее их накопление в растениях весеннего оборота наблюдалось в варианте со схемой посадки 20x20 см, а наименьшее – в варианте 20x15 см. Была выявлена существенная разница в накоплении нитратов в зависимости от сроков выращивания (рис.).

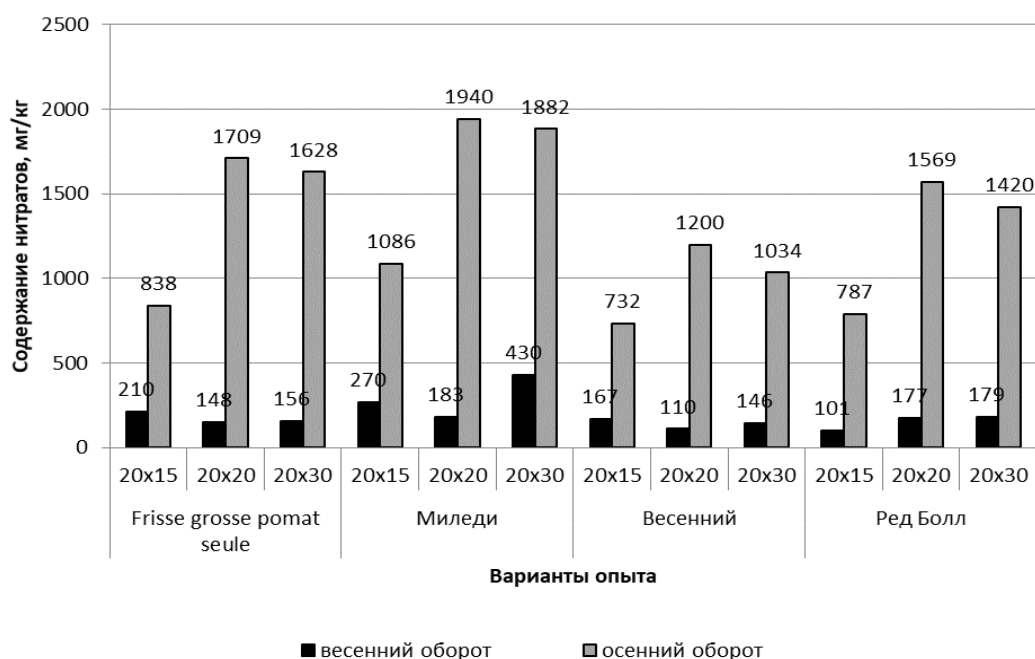


Рис. Содержание в растениях нитратов, мг/кг

Содержание нитратов в растениях, выращенных в осеннем обороте, в 3,9-11,5 раза превышало их концентрацию в растениях аналогичных вариантов весеннего оборота.

Причиной повышения содержания нитратов в растениях может быть низкая интенсивность освещения, короткий световой день и снижение температуры почвы, характерные при выращивании растений в осенний период. При низкой освещённости замедляется биосинтез сложных органических азотсодержащих соединений [7, 8]. При этом нитраты на формирование органического вещества не расходуются, а накапливаются в растениях в свободной форме. Путем дополнительного электродосвечивания растений перед уборкой урожая можно значительно снизить содержание нитратов в тепличной продукции [9]. Снижение температуры почвы приводит к накоплению нитратов вследствие замедления темпов ассимиляции [10].

**Выводы:**

1. Были получены достоверные различия в накоплении сухого вещества растениями, выращенными при разной схеме посадки, однако чётких закономерностей выявлено не было. Сорта эндивия по-разному реагировали на изменение площади питания и сроков выращивания.

2. В весеннем обороте наибольшее накопление сахаров наблюдалось у растений при схеме посадки 20x20 см. Эта закономерность проявилась для всех изучаемых сортов и варьировала в зависимости от сорта в интервале 3,12-4,3%. Наименьшее накопление сахаров было выявлено в вариантах со схемой посадки 20x15 см. При выращивании растений в осеннем обороте закономерности, выявленные ранее, не подтвердились. Накопление сахаров растениями осеннего оборота имело среднюю корреляционную связь с содержанием в растениях сухого вещества ( $r=0,59$ ). Наибольшее количество сахаров было выявлено в растениях с максимальным накоплением сухого вещества и не зависело от площади питания.

3. Наибольшее накопление аскорбиновой кислоты в растениях, выращенных в весеннем обороте, было обнаружено при схеме посадки 20x30 см. В осеннем обороте подобная закономерность была выявлена только у сортов Frisse grosse pomat seule и Миледи. У растений сортов Весенний и Ред Болл максимальное накопление аскорбиновой кислоты было обнаружено в варианте со схемой посадки 20x15 см.

4. Наибольшее накопление нитратов в растениях весеннего оборота наблюдалось в варианте со схемой посадки 20x20 см, а наименьшее – в варианте 20x15 см. Содержание нитратов в растениях, выращенных в осеннем обороте, в 3,9-11,5 раза превышало их концентрацию в растениях аналогичных вариантов весеннего оборота.

### Литература

1. **Лаврищева Т.А.** Сравнительная оценка сортов салата цикорного эндивия в весенне-летнем обороте в пленочных теплицах Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – №1 (46). – С. 31-36.
2. **Найда Н.М.** Некоторые особенности роста и развития цикория обыкновенного в условиях культуры в Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – №1 (50). – С. 11-17.
3. **Гусев А.М.** Цикорные салаты эндивий и эскариол / В кн.: Целебные овощные растения. – М.: Изд-во МСХА, 1991. – С. 142-144.
4. **Шевченко Ю.П.** Селекция цикория салатного эндивия (*Cichorium endivia* L. Var *crisrum* Lam.), эскариола (*Cichorium endivia* L. Var. *latifolium* Lam. ) и витлуфа (*Cichorium intybus* L. Var. *foliosum* Negl) на урожайность, качество продукции и скороспелость: дис... канд. с.-х. наук. – М., 2000. – 157 с.
5. **Лаврищева Т.А.** Влияние площади питания на продуктивность цикорного салата эндивия при разных сроках посадки // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (56). – С. 24-31.
6. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. **Андрющенко В.К.** Нитраты в овощах и пути их снижения. – Кишинев, 1983. – 59 с.
8. **Алексеева К.Л., Иванова М.И.** Болезни зеленых овощных культур (диагностика, профилактика, защита). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 168 с.
9. **Покровская С.Ф.** Пути снижения содержания нитратов в овощах. – М.: ВНИИТЭИАГРОПРОМ, 1988. – 60 с.
10. **Wilson J.K.** Nitrate in food and its relation to health. *Agronomy Journal*. 1949. Vol. 41. P. 20-22.

### Literatura

1. **Lavrishcheva T.A.** Sravnitel'naya ocenka sortov salata cikornogo endiviya v vesenneletnem oborote v plenochnyh teplicah Leningradskoj oblasti // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – №1 (46). – S. 31-36.
2. **Najda N.M.** Nekotorye osobennosti rosta i razvitiya cikoriya obyknovennogo v usloviyah kul'tury v Leningradskoj oblasti // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – №1 (50). – S. 11-17.
3. **Gusev A.M.** Cikornye salaty endivij i eskariol / V kn.: Celebnye ovoshchnye rasteniya. – M.: Izd-vo MSKHA, 1991. – S. 142-144.

4. **Shevchenko YU.P.** Selekcija cikoriya salatnogo endiviya (*Sicorium endivia* L. Var. *crisrum* Lam.), eskariola (*Cichorium endivia* L. Var. *Latifolium* Lam.) i vitlufa (*Cichorium intybus* L. Var. *Foliosum* Hegl) na urozhajnost', kachestvo produkcii i skorospelost': Dis. kand s.-h. nauk M., 2000. – 157 s.
5. **Lavrishcheva T.A.** Vliyanie ploshchadi pitaniya na produktivnost' cikornogo salata endiviya pri raznyh srokah posadki // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* – 2019. – № 3 (56). – S. 24-31.
6. **Dospikhov B.A.** Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniya). – 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
7. **Andryushchenko V.K.** 1983. Nitraty v ovoshchah i puti ih snizheniya. Kishinev. 1983. 59 s.
8. **Alekseeva K.L., Ivanova M.I.** Bolezni zelenyh ovoshchnyh kul'tur (diagnostika, profilaktika, zashchita). M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2015. – 168 s.
9. **Pokrovskaya S.F.** Puti snizheniya sodержaniya nitratov v ovoshchah. M.: VNIITEIAGROPROM. 1988. 60 s.
10. **Wilson J.K.** Nitrate in food and its relation to health. *Agronomy Journal.* 1949. Vol. 41. P. 20-22.

УДК 634.11:631.52+632

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14027

Мл. научн. сотрудник **А.В. ШЛЯВАС**  
(ВИР, ann2668@yandex.ru)Канд. биол. наук **Л.В. ЕРМОЛАЕВА**  
(ВИР, ermolaeva.larisavir@yandex.ru)

## ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЯБЛОНИ К РЯБИНОВОЙ МОЛИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Яблоня – самая распространенная плодовая культура не только в Северо-Западном регионе России, но и во всей стране. По данным ФАО на 2017 г., площади под промышленными насаждениями яблони в России занимают более 188 тыс. га. Значение данной плодовой культуры трудно переоценить. Плоды яблони обладают ценными питательными, диетическими и целебными свойствами. Пектины, содержащиеся в мякоти плодов, способствуют выведению из организма человека солей тяжелых металлов и радионуклидов, являются кровоостанавливающим средством, помогают при излечении язвы желудка, имеют выраженные антимикробные свойства. Плоды яблони – превосходное сырье для самых различных видов переработки. Многие виды и сорта являются прекрасными декоративными растениями, они могут иметь красивую окраску цветков, листьев, коры, необычную форму кроны. Поэтому данная культура часто используется в декоративном садоводстве. Также яблоня является прекрасным медоносом, привлекая большое количество различных насекомых [1].

На насаждениях яблони встречается около 200 наименований насекомых, питающихся на этой плодовой культуре. В последние годы в Северо-Западном регионе России наблюдается увеличение вредоносности рябиновой моли (*Argyresthia conjugella* Zell., сем. Нуропомеутидае), что также стало серьезной проблемой для садоводства. Обычно гусеницы рябиновой моли повреждают плоды рябины обыкновенной, но в годы массового размножения вредителя, особенно когда рябина не плодоносит, они поражают яблоню и боярышник [2, 3].

Зона распространения рябиновой моли весьма обширна – европейская часть России, Урал, Сибирь, Дальний Восток, Центральная Европа, Азия, страны Скандинавии [4–9]. Вредитель не только снижает урожайность, но и резко ухудшает качество плодов. Для защиты яблони от рябиновой моли в годы массового размножения вредителя после окончания цветения яблони необходимы неоднократные обработки инсектицидами, что

крайне нежелательно, поскольку данный химический метод защиты отличается дороговизной и высокой токсичностью для человека и окружающей среды. В связи с этим важное значение приобретает создание и внедрение в производство сортов, отличающихся устойчивостью к рябиновой моли.

**Целью исследования** явилась разработка метода оценки устойчивости сортообразцов яблони к рябиновой моли и выделение источников устойчивости яблони к данному вредителю.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Работа выполнена на научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (НПБ) Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова в условиях Северо-Западного региона России (г. Павловск, Ленинградская область, 58°49' с.ш.). Коллекция генетических ресурсов яблони, сохраняемая на НПБ, насчитывает более 500 сортообразцов отечественной и зарубежной селекции. В процессе исследований осуществляли наблюдения за феноритмикой 274 сортообразцов яблони и циклом развития рябиновой моли, так как это важно при оценке устойчивости сорта. Поскольку нередко толерантность объясняется «ускользанием» яблони от повреждения молью из-за несовпадения фаз развития.

Работа выполнена в коллекционном саду на естественном агрофоне, без использования средств химической защиты растений от вредителей.

Учет поврежденности плодов яблони проводили трижды:

- 1 – в период отрождения личинок (период образования завязи);
- 2 – спустя 15–20 дней;
- 3 – перед уборкой урожая.

При учетах рендомизированно с различных ярусов дерева каждого сорта отбирали по 50 завязей, а затем плодов, разрезали их пополам и тщательно осматривали, используя 4-кратное увеличение лупы. При этом использовали следующую шкалу:

0 баллов – повреждения отсутствуют;

1 балл – единичные ходы (повреждено менее 10% мякоти яблока);

2 балла – извилистые ходы идут вглубь плодов (повреждено 25% мякоти);

3 балла – многочисленные ходы в разных направлениях (до 50%);

4 балла – ходы пронизывают более 50% мякоти плода, из червоточин выступают мелкие прозрачные капли, постепенно подсыхающие. В одном яблоке может быть до 15–25 гусениц.

К устойчивым относили сортообразцы, поврежденность которых не превышала 1 балл, среднеустойчивым – не выше 2 баллов, остальные – неустойчивые. Такой подход объясняется тем, что даже при невысокой поврежденности гусеницами плоды горчат и резко снижают вкусовые качества.

Определение взаимосвязей между сроками цветения и поврежденности вредителем плодов изучаемых сортов яблони проводили методом корреляционного анализа.

**Результаты исследований.** Рябиновая моль достаточно хорошо изучена [3, 4, 10]. Это небольшая серая бабочка с размахом крыльев 11–13 мм. Зимуют куколки вредителя в поверхностном слое почвы, в траве и опавших листьях. Весной во время цветения (в Северо-Западном регионе это 2–3 декада мая) появляются бабочки. Вскоре самки откладывают яйца по 80–100 шт. в кладке, размещая их в верхней части молодых завязей рябины обыкновенной и боярышника, на яблоне возле чашечек молодых плодов. Отродившиеся гусеницы с восемью парами ног проделывают в мякоти растущей завязи узкие извилистые ходы в разных направлениях, как бы «ныряя» в мякоти. Из-за этого рябинную моль иногда называют «нырком». Позднее ходы гусениц приобретают ржавую окраску. Входное отверстие в плод малозаметное, небольшое, без экскрементов. Мякоть яблока минируется до семенных камер. Тело гусениц младшего возраста желто-белое, затем – зелено-серое и в старшем возрасте становится коричневатым. Тело покрыто волосками. Голова черная. Длина

взрослых гусениц достигает 8–9 мм. Из входных отверстий выступает сок в виде прозрачных, мелких, позднее подсыхающих капелек. В местах повреждения появляются темноватые пятна, мякоть плодов приобретает горьковатый привкус. При сильном повреждении товарность плодов резко снижается. Взрослые гусеницы покидают плоды, уходя в места зимовки, и окукливаются.

Насаждения рябины обыкновенной, как дикорастущие, так и используемые для озеленения улиц населенных мест, являются местами постоянной резервации рябиновой моли. Поэтому опасность инвазии этого вредителя существует постоянно и особенно в неурожайные для рябины годы.

За последние 11 лет наблюдалось три эпизоотии (массовое размножение) рябиновой моли в условиях Северо-Запада России: в 2007-м и 2015 гг. – из-за погодных условий рябина не цвела, поэтому поврежденность яблони была особенно высокой; в 2018 г. – отмечалась сравнительно низкая завязываемость плодов рябины, что способствовало «залету» вредителя в яблоневые сады. Однако в 2007-м и 2018 гг. коллекционные насаждения яблони ВИР цвели и плодоносили слабо, это не позволило объективно оценить устойчивость к данному вредителю. В 2015 г. яблоня массово обильно цвела и плодоносила, что сделало возможным проведение наблюдений и учетов повреждения плодов рябиновой молью у значительного числа сортов образцов.

Данные результатов оценки устойчивости сортов образцов яблони к рябиновой моли представлены в табл. 1.

Таблица 1. Оценка устойчивости сортов яблони из коллекции НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» к рябиновой моли (2015 г.)

№ п/п	Тип устойчивости (балл повреждения)	Название сортов образцов яблони
1	Высоко устойчивые (0 баллов)	Пайдесское Зимнее, Вкусное, Лобо, Гибрид Штараса № 404, Антонис, Прогресс, Ренет Благородный, Пыльтсамаасское Зимнее, Кийр, А-2
2	Устойчивые (1 балл)	№ 497, 800-летие Москвы, Ренетка Консервная, Мелколистная, Краса Сада, Фих, Карола, Милена, Мирончик, Баллада, Восковое Стёпина, Быстрецовский Голубок, Местное Лежкое, Койдула, Папировка Ранняя, Гибрид Штараса № 843, Антоновка Новая, Марципан, Тамбовское, Щедрое, Серинка Серая, Солнцедар, Бель Чернышевская, Слава Харьковская, Призовое, Рейджер, Боровинка Могучая, Коричное Ананасное, Коричное Новое, Сильвия, Шафранное Черненко, Налив Краснобокий, Штандарт Красный, Камышловка, Осенняя Радость, Выдубецкая Плакучая, Малютка Диброва
3	Среднеустойчивые (2 балла)	Иволистная, Грушовка Московская, Березовка Исакова, Китайка Санинская, Анис Серый, Каравелл, Керсти, Медовое Верёвкина, Ранетка Пурпурная, Nargourt, №301, Абрикосовое, Грушовка Новая, Комсомольское, Сибирская Звезда, Хувитус, Гибрид Жукова № 10-62-2, Брянская Местная, Гибрид Штараса № 506, Анис Шатский, Июльское Черненко, Налив Амурский, Терентьевка, Тийна, Snugg, Бабушкино, Кола, Фантазия, Чулановка, Белорусское Малиновое, Брат Победы, Грушовка Гребницкого, Любимое, Малиновка, Ранетка Детская, Башкирский Красавец, Королева, Сладкое, Борсдорфское, Облонго, Якшинская №2, Лимонно-желтое Зимнее, Мичуринское Зимнее, Порослевое Кимрское, Превосходное, Иедзену, Берёзовка, Гибрид Штараса №646, Детское, Литовское Сахарное, Пепин Свердловская, Приветный, Роба, Антоновка Шафранная, Боровинка Иванцовская, Заря, Звёздочка, Колбинское № 1, Раз, Сеянец Требу, Спутник Черненко, Бергамотное Горьковское, Долинка, Ермак,

		Забайкальское, Лимоновка, Мичуринец, Пуйкис, Сеянец Разумовой №15, Устойчивое Летнее, Фарфоровое, Богатырь Черненко, Анис Свердловска, Авенариус, Антоновка Ароматная, Аркад Зимний, Белое Осеннее, Грушовка Зимняя, Коричное Ананасное, Ленинградский Синап, Наливное Янтарное, Новогоднее, Папировка Крупная, Пепин Альый Шарлаховый, Пушкинское, Раннее Сладкое, Ренет Золотой Писгуда, Северный Великан, Скрыжапель Новый, Китайка Зимняя, Лежкое, Маяк Севера, Миасское, Олимпийское, Ренет Крюднера, Сарма, Абрикосовое Мазюка, Коит, Кунгурское Ароматное, Муншикийское Сладкое, Премьера, Тальве Наудинг, Шпакова № 7, Яблоня Безлепесная, Яблоня Добрынецова, Антоновка Челябинская, Кальвиль Скороспелый, Кордоновка, Коробовка Новая, Лавиа, Летнее Сладкое Сикоры, Любимица Тарасенко, Мускат, Новое Сладкое, Победа Черненко, Расписное, Сеянец Пудовщины, Спорт, Суслейское, Телегиной № 4, Титовка Челябинская, Уральское Большое, Чудо Раз, Южноуральское, Медуница, 3\21, Антоновка Краснобочка, Банановое, Восковое, Комлевское, Мартовское, Налив Белый, Оранжевое, Пепин Шафранный, Славянка, Антоновка Ржавая, Бордовое, Красавица Сада, Лесная Долгохранящаяся, Пашкевича Красное, Кальвиль Северный, Красивое из Генгурта, Сеянец Антоновки, Лайзанское Зимнее, Кормай, Лимонное, Аркад Красный, Пепин Осенний, Июльское Петрова, Папировка Новая, Ароматное Уктуса, Скороплодное
4	Неустойчивые (3, 4 балла)	Грушовка Ревельская, Ермолаевка, Репка, Абориген, Аркад Летний Жёлтый, Новинка, Подснежник, Королевское, Телегиной № 3, Ксения, Лизумское, Фонарик, Яблоня Байкова, Папиро-янтарное, Дочь Мелбы, Майское Рыжего, Малинка, Коричное Полосатое, Елгавское Летнее, Плодовитка Ранняя, Уральское Крупноплодное, Бородово-анисовое, Мелба, Налив Альый, Брукс, Душистое, Снегурочка, Урожайное, Чёрное Дерево, Осеннее Полосатое, Ленинградское Жёлтое, Буховка, Анисик Омский, Боровинка, Винтспалнис III Упита, Медовое, Минское, Пармен Северный Черненко, Голубь Мира, Коричное Белое, Антоновка Красная, Антоновка Обыкновенная, Ренет Кичунова, Августовское, Винное, Зелёное Княжеское, Праздничное, Слава Мичурина, Титовка(клон), Антоновка Монастырская, Грушовка Юдичева, Китайка-мать, Уральское Зимнее, Ананас Бержаницкого, Ленинградская Зеленка, Черногуз, Память Пашкевича, Душистый Леденец, Белорусский Синап, Гибрид Штараса № 868, Сеянец Аркада Летнего Жёлтого, Лесное Отти, Карликовое, Анис Альый Упита, Мамутовское, Ранетка Ермолаева, Налив Дымчатый, Сестра Русскому Витязю, Снежинка Горшкова, Гибернал, Суворовец Тетраплоидный, Антоновка 600 гр., Бессемянка Мичуринская, Коробовка

Устойчивость растений определяется антиксенозом (непредпочитаемость устойчивых форм насекомыми при выборе ими растений для заселения, питания, откладки яиц и развития), антибиозом (когда один организм ограничивает возможности другого или невозможность сосуществования организмов) и толерантностью. По нашим наблюдениям, наличие антиксеноза отмечалось у 10 образцов из 274 изученных (менее 4%). Это подтверждает ранее полученные данные, что антиксеноз отмечается довольно редко (Пайнтер, 1953). Проявления антибиоза и толерантности яблони и рябиновой моли в годы проведения исследований не отмечено.

По литературным данным, ранние сроки цветения сортов определяют более низкую повреждаемость плодов (Белосельская, 1963), но, по нашим наблюдениям, не установлено

тесной связи между сроками цветения и поврежденности вредителем плодов изучаемых сортов яблони ( $r = 0,4$ ).

Таким образом, мы можем рекомендовать 10 источников устойчивости яблони к рябиновой моли (0 баллов повреждения) различного географического происхождения: из стран Балтии и Скандинавии – Пайдесское Зимнее (к-1112), Гибрид Штараса № 404 (к-20307), Антонис (к-24754), Пыльтсамаасское Зимнее (к-20309), Кийр (к-15384), А-2 (к-28085); Канады – Лобо (к-20292); России – Вкусное (к-24501), Прогресс (к-28084), Ренет Благородный (к-13111). Наряду с устойчивостью к вредителю эти сортообразцы характеризуются регулярной урожайностью и хорошим качеством плодов, высокой зимостойкостью и морозостойкостью, устойчивостью к основным грибным болезням (парша и бурая пятнистость).

**Выводы.** На Северо-Западе России в отдельные годы рябиновая моль весьма вредоносна. Предварительно разработана методика оценки устойчивости яблони к рябиновой моли. При изучении 274 коллекционных сортообразцов яблони из коллекции ВИР выделены ценные для селекционного и практического использования десять высокоустойчивых сортообразцов к рябиновой моли: Пайдесское Зимнее, Вкусное, Лобо, Гибрид Штараса № 404, Антонис, Прогресс, Ренет Благородный, Пыльтсамаасское Зимнее, Кийр, А-2. Наряду с устойчивостью к вредителю эти сортообразцы характеризуются другими хозяйственно-ценными признаками (урожайностью, зимостойкостью, устойчивостью к парше).

*Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».*

### Литература

1. **Современный** сортимент садовых насаждений Беларуси / РУП «Институт плодородства»; под ред. З.А. Козловской, В.А. Самуся. – Минск: Беларуская навука, 2015. – 265 с.
2. **Крюкова А.В., Николаева З.В.** Вредоносность комплекса фитофагов на яблоне в садах Северо-Западного региона России // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 5. – С. 9–13.
3. **Николаева Е.В.** Чешуекрылые – вредители яблони на Северо-Западе России // Вестник защиты растений. – 2002. – № 3. – С. 14–19.
4. **Kobro S., Soreide L., Djonne E., Rafoss T., Jaastad G., Witzgall P.** Masting of rowan *Sorbus aucuparia* L. and consequences for the apple fruit moth *Argyresthia conjugella* Zeller // Population Ecology. – 2003. – V. 45. № 1. – P. 25–30. <https://doi.org/10.1007/s10144-003-0136-x>.
5. **Наумова Л.В.** Группы вредителей яблони из отряда Lepidoptera в Московской области // Садоводство и виноградарство. – 2009. – № 3. – С. 45–47.
6. **Клепиков М.А.** Lepidopteran Pests in the Upper Volga Area (Lepidoptera) // Entomological Review. – 2011. – V. 91. № 3. – P. 306–311. <https://doi.org/10.1134/S0013873811030043>.
7. **Синев С.Ю., Коробов А.Г.** Аннотированный список ипомеутоидных чешуекрылых (Lepidoptera: Yponomeutoidea) Удомельского района Тверской области // Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология. – 2016. – № 2. – С. 30–35.
8. **Кравченко И.Ф.** К вопросу изученности насекомых-вредителей плодово-ягодных культур Приморского края // Животный и растительный мир Дальнего Востока. – 2017. – Вып. 29. – С. 15–21. URL: [http://uss.dvfu.ru/struct/publish\\_center/index.php?p=epublications](http://uss.dvfu.ru/struct/publish_center/index.php?p=epublications). (дата обращения: 25.03.2019).
9. **Akulov E.N., Kirichenko N.I., Ponomarenko M. G.** Contribution to the Microlepidoptera Fauna of the South of Krasnoyarsk Territory and the Republic of Khakassia // Entomological Review. – 2018. – V. 98. № 1. – P. 110–146.



10. **Черний А.М., Балыкина Е.Б.** Экологические ниши и их роль в формировании фауны членистоногих яблоневого сада // Защита и карантин растений. – 2014. – № 5. – С. 15–19. <https://doi.org/10.1134/S0013873818010074>

### Literatura

1. **Sovremenny`j sortiment sadovy`x nasazhdenij Belarusi / RUP «Institut plodovodstva»;** pod red. Z.A. Kozlovskoj, V.A. Samusya. – Minsk: Belaruskaya navuka, 2015. – 265 s.
2. **Kryukova A.V., Nikolaeva Z.V.** Vredonosnost' kompleksa fitofagov na yablone v sadakh Severo-Zapadnogo regiona Rossii // Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2017. – № 5. – С. 9–13.
3. **Nikolaeva E.V.** Cheshuekrylye-vrediteli yabloni na Severo-Zapade Rossii // Vestnik zashchity rastenij. – 2002. – № 3. – С. 14–19.
4. **Kobro S., Soreide L., Djonne E., Rafoss T., Jaastad G., Witzgall P.** Masting of rowan *Sorbus aucuparia* L. and consequences for the apple fruit moth *Argyresthia conjugella* Zeller. // Population Ecology. – 2003. – V. 45. № 1. – P. 25–30. <https://doi.org/10.1007/s10144-003-0136-x>.
5. **Naumova L.V.** Gruppy vreditel'ev yabloni iz otrjada Lepidoptera v Moskovskoj oblasti // Sadovodstvo i vinogradarstvo. – 2009. – № 3. – С. 45–47.
6. **Klepikov M. A.** Lepidopteran Pests in the Upper Volga Area (Lepidoptera) // Entomological Review. – 2011. – V. 91. № 3. – P. 306–311. <https://doi.org/10.1134/S0013873811030043>.
7. **Sinev S.Yu., Korobkov A.G.** Annotirovannyj spisok iponomeutoidnykh cheshuekrylykh (Lepidoptera: Yponomeutoidea) Udomel'skogo rayona Tverskoy oblasti // Vestnik TvGU. Ser. Biologiya i ekologiya. – 2016. – № 2. – С. 30–35.
8. **Kravchenko I.F.** K voprosu izuchennosti nasekomykh-vreditel'ev plodovo-yagodnykh kul'tur Primorskogo kraja [e-resource] // Zhivotnyj i rastitel'nyj mir Dal'nego Vostoka. – 2017. – № 29. – С. 15–21. URL: [http://uss.dvfu.ru/struct/publish\\_center/index.php?p=epublications](http://uss.dvfu.ru/struct/publish_center/index.php?p=epublications) (data obrashcheniya: 25.03.2019).
9. **Akulov E.N., Kirichenko N.I., Ponomarenko M.G.** Contribution to the Microlepidoptera Fauna of the South of Krasnoyarsk Territory and the Republic of Khakassia // Entomological Review. – 2018. – V. 98, № 1. – P. 110–146. <https://doi.org/10.1134/S0013873818010074>
10. **Cherniy A.M., Balykina E.B.** Ekhologicheskie nishi i ikh rol' v formirovanii fauny chlenistonogikh yablonevogo sada // Zashchita i karantin rastenij. – 2014. – № 5. – С. 15–19.

УДК 631.86:633.11

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14032

Канд. с.-х. наук, доцент **Н.Н. АПАЕВА**

(ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», [araevanina@mail.ru](mailto:araevanina@mail.ru))

Канд. с.-х. наук, доцент **А.М. ЯМАЛИЕВА**

(ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», [asiayamalieva@mail.ru](mailto:asiayamalieva@mail.ru))

Канд. с.-х. наук, доцент **С.Г. МАНИШКИН**

(ФГБОУ ДПО МИПКА, [smanishkin@mail.ru](mailto:smanishkin@mail.ru))

## ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА МИКРОМИЦЕТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВЫ

Высокая продуктивность сельскохозяйственных культур, рентабельность производства продукции растениеводства при нынешнем развитии данной отрасли сельского хозяйства практически невозможна без применения средств химизации (удобрений, пестицидов). Поэтому проблема улучшения фитосанитарного состояния почвы и посевов сельскохозяйственных культур имеет важное значение. Есть необходимость разработки такой технологии возделывания, которая позволит снизить объем применяемых пестицидов, снизить отрицательное влияние средств защиты растений на биосферу за счет приемов, повышающих сопротивляемость растений болезням [1].

В Республике Марий Эл, как и во многих регионах нашей страны, из-за кризисных ситуаций 1990-2000 гг. произошли значительные изменения в сельском хозяйстве. Сильно разрушилась отрасль животноводства, резко снизилось поголовье животных. Исчезли животноводческие комплексы, закрылись фермы. В связи с этим отрасль растениеводства также подверглась серьезным структурным изменениям. Это сказалось на структуре посевных площадей. Кормовые культуры стали не востребованными. Из структуры посевных площадей в большинстве хозяйств исчезли картофель, кормовые культуры (свекла, кукуруза, однолетние травы). Картофель почти весь перешел в частный сектор, и выращивают его в личных подсобных хозяйствах для собственных нужд. Если до этого периода в хозяйствах вводили 10-12-польные севообороты, то после кризисного периода стали 3-5-польные севообороты, изредка 6-польные севообороты можно было встретить. Набор возделываемых культур в севообороте определялся возможностью хозяйства. Сеяли то, на что хватало средств. Некоторые хозяйства ориентировались на запросы рынка, рыночную стоимость производимой продукции, возможность реализации. Технологии производства растениеводческой продукции изменились. Этому способствовало повышение цен на горюче-смазочные материалы, в большинстве хозяйств ухудшилась техническая оснащенность. Это подтолкнуло производителей растениеводческой продукции упростить технологию возделывания сельскохозяйственных культур (применять минимальную и поверхностную обработки почвы, уменьшить технологические операции, совмещать несколько операций и т.д.). К тому же сложные экономические ситуации (нехватка денежных средств) лишили производителей продукции растениеводства приобретать качественный посевной материал, использовать средства защиты растений и удобрения. В связи с этим фитосанитарная обстановка посевов и почвы ухудшилась.

Все чаще наблюдается массовое развитие некоторых фитопатогенов, которые раньше не имели хозяйственного значения, то есть не причиняли ощутимого вреда растениям. По данным ученых ВНИИФ, из-за болезней в России ежегодно недобор урожая составляет от 8,5 до 29,1 млн. тонн зерна.

В почве произошли структурные изменения микромицетного состояния. В первую очередь небольшой набор видов культур в севообороте способствовал снижению видового разнообразия микромицетов в ризосфере культур [2].

Фитосанитарное состояние в значительной степени определяет плодородие почвы. Наличие болезнетворных и токсинообразующих микроорганизмов в почве увеличивает ее фитотоксичность, что отрицательно сказывается на росте и развитии растений. В современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур проблема улучшения фитосанитарного состояния почвы остается одним из определяющих факторов их продуктивности [3].

В России большая площадь почв (95 млн. га) внушает серьезные опасения по содержанию почвенного гумуса [4], а снижение гумуса приводит к ухудшению фитосанитарного состояния почвы.

Многие ученые видят решение проблемы оздоровления почвы во внесении органических удобрений [5]. Систематическое применение органических удобрений – важнейший фактор воспроизводства гумуса и оздоровления почв агроценозов [6].

По словам академика РАН М.С. Соколова, быстро проблему оздоровления почв мы не решим, и какого-то чудодейственного единого рецепта для всей страны, конечно, не существует [7].

Применение органических удобрений в хозяйствах в настоящее время изменилось. В некоторых хозяйствах, где развито животноводство, применяют органические удобрения. В большинстве же хозяйств для повышения урожайности предпочитают применять минеральные удобрения. В республике хорошо развито птицеводство, и в настоящее время накопилось много куриного помета. При правильном применении он способствует не только

повышению продуктивности полевых культур, а также улучшает фитосанитарное состояние почвы. Для лучшего применения куриного помета начали выпускать его в гранулах.

**Цель исследования** – изучить влияние гранулированных органических удобрений из куриного помета на фитосанитарное состояние почвы.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В течение 5 лет проводились исследования по изучению гранулированных органических удобрений из куриного помета на посевах яровой пшеницы на опытном поле Марийского государственного университета. Гранулированные органические удобрения (ГОУ) вносили в качестве подкормки в фазе кущения. В 2015-2017 гг. в удобрение вносили в дозах 100 кг/га, 200 и 300 кг/га. Для сравнения использовали минеральное сложное удобрение Азофоску, которое содержит действующее вещество азота, фосфора и калия по 15%. При производстве ГОУ использовали бактерии и получилось биоферментированное ГОУ. Данное удобрение представляет собой гранулы размером 10-17 мм, их легко вносить разбрасывателем минеральных удобрений.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,6-1,9%, pH – 5,6, азота легкогидролизуемого – 1,7-1,8 мг. экв. на 100 г почвы, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 23-26 и K<sub>2</sub>O – 11-14 мг/100 г почвы. В биоферментированном ГОУ, которые применяли, содержание азота было 3,0-3,2%, фосфора – 4,2-4,7%, калия – 8,7-9,8%.

В течение вегетации яровой пшеницы проводили анализ ризосферы яровой пшеницы на микромицетный состав и развитие корневых гнилей растений. Почвенные грибы изучали методом высева на твердую питательную среду Чапека. Образцы брали три раза за вегетацию: в фазе кущения, колошения и молочной спелости. Почвенные микромицеты идентифицировали до вида, используя определители Н.М. Пидопличко, В.И. Билай [8, 9, 10].

**Результаты исследований.** Разные типы и виды почв отличаются не только физическими и химическими свойствами, но и количеством и группой микроорганизмов. В прикорневой зоне формируется микромицетный состав, характерный для конкретных условий. Микромицетный состав почвы отличается не только в зависимости от возделываемой культуры, но от условий выращивания культуры. Численность и видовой состав микрофлоры значительно отличаются в прикорневой зоне. Микромицеты ризосферы играют важную роль в жизни растений. Они питаются корневыми выделениями и синтезируют питательные вещества, делают их доступными для растений. Внесение удобрений, особенно органических, изменяют микромицетный состав ризосферы. В результате проведенных анализов из ризосферы яровой пшеницы было выделено 20 видов микроорганизмов. Их видовой и количественный состав отличался по вариантам. Из патогенных грибов были обнаружены грибы рода *Fusarium* spp., *Alternaria* spp. Из них типичными для данного агроценоза можно считать следующие виды: *F. culmorum* Sacc., *F. oxysporum* Schl., *F. graminearum* Sch., *F. sporotrichiella* Bilai, *F. heterosporum* Hees, *Drechslera sorokiniana* Sacc., *Al. alternata* Fr., *Al. tenuissima* Fr. Эти грибы являются возбудителями корневых гнилей зерновых культур.

Из числа сапротрофов к типичным представителям можно отнести такие виды, как *Penicillium frequentans* Westl, *P. virdicatum* Westl., *P. funiculosum* Thom, *Aspergillus niger* van Tiegh, *As. clavatus* Desm. *Rhizopus nigricans* Ehr. Очень часто встречался гриб *Mucor piriformis* Fisch.

Также из числа сапротрофных грибов был выделен типичный представитель антагонистической микрофлоры – гриб-антагонист *Trichoderma lignorum* (Tode) Naz. Грибам-антагонистам отводится важная роль в подавлении развития фитопатогенов и улучшении фитосанитарного состояния почвы.

Внесение удобрений, как минеральных, так и органических, улучшает питательный режим растений, изменяет условия существования почвенных микроорганизмов. Данные исследований показали, что от применения удобрений видовой состав микроорганизмов

отличался. Почвенные грибы, выделенные из ризосферы яровой пшеницы в фазу колошения по вариантам в 2017 году, представлены на рис. 1-5.



Рис. 1. Контроль



Рис. 2. Азофоска

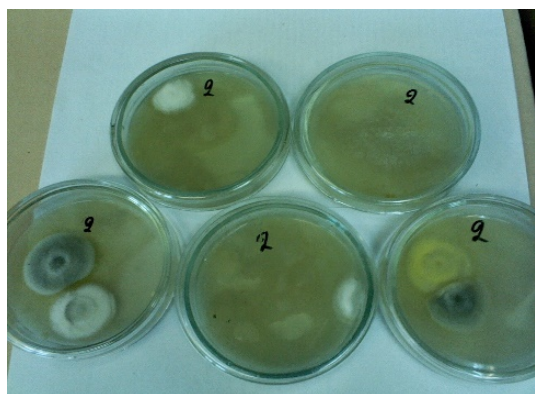


Рис 3. Гранулированное органическое удобрение (100 кг/га)



Рис 4. Гранулированное органическое удобрение (200 кг/га)



Рис. 5. Гранулированное органическое удобрение (300 кг/га)

В контрольном варианте грибов было мало по сравнению с вариантами с внесением органических гранулированных удобрений. В варианте с минеральным удобрением (азофоской) общее количество грибов было меньше в начале вегетации, в середине (фазе колошения) их численность превышала контрольный вариант. В вариантах с ГОУ численность и видовой состав грибов увеличивался по мере увеличения дозы удобрений (табл. 1).

Таблица 1. Микробицетный состав почвы, тыс. шт. КОЕ на 1 г почвы

Варианты	Всего грибов	В том числе		
		патогенов	сапротрофов	антагонистов
<i>Фаза кущения яровой пшеницы</i>				
1. Контроль	22,2	3,5	18,7	0
2. Азофоска	18,3	4,5	13,8	0
3. ГОУ (100 кг/га)	42,6	1,5	40,6	0,5
4. ГОУ (200 кг/га)	47,7	1,1	36,1	10,5
5. ГОУ (300 кг/га)	55,0	2,2	42,8	10,0
<i>Фаза колошения</i>				
1. Контроль	33,0	8,5	19,5	5,0
2. Азофоска	44,5	6,0	36,0	2,5
3. ГОУ (100 кг/га)	58,2	4,5	43,2	10,5
4. ГОУ (200 кг/га)	80,5	2,0	58,0	20,5
5. ГОУ (300 кг/га)	124,0	2,0	79,0	43,0
<i>Фаза молочной спелости</i>				
1. Контроль	38,4	10,2	24,2	4,0
2. Азофоска	32,0	9,5	21,8	0,7
3. ГОУ (100 кг/га)	68,5	4,0	52,0	12,5
4. ГОУ (200 кг/га)	106,5	1,5	85,0	20,0
5. ГОУ (300 кг/га)	156,0	1,7	124,6	29,7

В ризосфере яровой пшеницы в фазе кущения растений внесение ГОУ способствовало увеличению общего количества грибов в 1,9-2,5 раза. От азофоски общее количество уменьшилось, а патогенов стало больше на 1,5 тыс. шт. колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 г воздушно сухой почвы. В вариантах с ГОУ уже в начале вегетации появились грибы-антагонисты, и в течение вегетации их численность повышалась.

В фазе колошения во втором варианте общее количество грибов увеличилось на 11,5 тыс. шт. КОЕ на 1 г почвы. В вариантах с ГОУ увеличение было в 1,7-3,7 раза по сравнению с контролем. За счет развития грибов антагонистов в ризосфере пшеницы патогенов было мало в этих вариантах.

В фазе молочной спелости пшеницы в вариантах с ГОУ численность грибов продолжала увеличиваться, а в варианте с азофоской, наоборот, уменьшилась по сравнению с фазой колошения. При внесении ГОУ в дозе 300 кг на 1 га общее количество грибов составило 156,0 тыс. шт. КОЕ на 1 г почвы. По сравнению с контролем – в 4 раза больше.

Наличие грибов в ризосфере растений влияет на поражение яровой пшеницы корневыми гнилями (табл. 2).

Таблица 2. Распространенность и развитие корневых гнилей и урожайность яровой пшеницы, %

Варианты	Фаза колошения		Фаза молочной спелости		Урожайность, т/га
	P	R	P	R	
Контроль	44,9	14,8	46,9	15,6	2,24
Азофоска (100 кг/га)	40,0	17,5	43,0	13,1	3,30
ГОУ (100 кг/га)	33,3	17,3	44,2	16,3	3,09
ГОУ (200 кг/га)	33,7	14,6	42,7	13,8	3,41
ГОУ (300 кг/га)	28,2	10,3	17,5	5,6	3,66
НСР <sub>05</sub>	3,7	3,1	3,2	3,2	0,27

Примечание: P – распространенность корневых гнилей; R – развитие болезни

При внесении минеральных удобрений и ГОУ в дозе 100 кг/га распространенность болезни в фазе колошения снижается, но развитие было выше контрольного варианта. Наименьшее поражение растений было в варианте с применением ГОУ 300 кг/га.

Распространенность корневых гнилей яровой пшеницы снизилась в 1,6 раза, а развитие – в 1,4 раза. В фазе молочной спелости снижение было в 2,6 раза. Развитие корневых гнилей в фазе колошения было меньше только при внесении 300 кг/га ГОУ.

Улучшение фитосанитарного состояния почвы ведет за собой снижение поражения яровой пшеницы корневыми гнилями. Это, в свою очередь, сказывается на повышении урожайности. Внесение органических удобрений существенно повысило урожайность яровой пшеницы. Так, при внесении 100 кг/га прибавка урожая составили 0,42 т/га. По сравнению с минеральным удобрением прибавка была ниже на 0,21 т/га. При внесении 200 кг на 1 га органических гранулированных удобрений урожайность увеличилась на 0,54 т/га. При увеличении нормы этих удобрений до 300 кг/га урожайность яровой пшеницы составила 3,48 т/га, что на 1,08 т/га больше контроля.

**Выводы.** Подкормка яровой пшеницы в фазе кущения гранулированными органическими удобрениями способствует увеличению сапротрофных и антагонистических грибов в почве и снижает численность патогенов. При внесении ГОУ в почве увеличивается видовое разнообразие грибов. С увеличением дозы ГОУ увеличивается численность грибов и уменьшается количество патогенов. В почве происходит активизация грибов-антагонистов, которые препятствуют развитию патогенов.

Внесение гранулированных органических удобрений из птичьего помета способствует снижению поражения яровой пшеницы корневыми гнилями. При внесении 100 кг/га гранулированных органических удобрений из птичьего помета прибавка урожая составила 0,85 т/га, при внесении 200 кг/га – 1,17 т/га, 300 кг/га – 1,42 т/га по сравнению с контролем.

### Литература

1. Апаева Н.Н., Манишкин С.Г., Марьин Г.С. и др. Фитосанитарное состояние почвы в зависимости от агротехнических приемов возделывания зерновых культур // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011. – №2 (76). – С.26-32.
2. Апаева Н.Н., Малков А.И., Манишкин С.Г. Улучшение фитосанитарного состояния почвы за счет внесения органических гранулированных удобрений на основе птичьего помета // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: мат. конф. /Марийский государственный университет. – 2017. – №19. – С.5-7.
3. Ибрагимов А.Г. Влияние агротехнических приемов на фитосанитарное состояние почвы при возделывании зерновых культур // Проблемы агрохимии и экологии. – 2016. – № 1. – С.43-45.
4. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // Агрохимия. – 2015. – № 8. – С.81-94.
5. Абашев В.Д., Козлова Л.М. Сидераты в адаптивном земледелии //Аграрная наука Северо-Востока. – 2005. – №6. – С.169-178.
6. Соколов М.С., Спиридонов Ю.Я., Торопова Е.Ю. и др. Экологические и фитосанитарные функции почвенного органического вещества (проблемно-аналитический обзор) // Агрохимия. – 2018. – Т. 5. – С. 83-100.
7. Здоровье почвы – условие выхода из почвенного кризиса в сельском хозяйстве. URL.: / <https://regnum.ru/news/innovatio/2374594.html> (дата обращения:18.10.2019).
8. Билай В.И., Пидопличко Н.М. Токсинообразующие микроскопические грибы. – Киев, 1970. – 291 с.
9. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений: В 3-х т. Т. 1: Грибы совершенные: определитель. – Киев: Наукова Думка, 1977. – 300 с.
10. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений: В 3-х т. Т. 3: Пикнидиальные грибы: определитель. – Киев: Наукова думка, 1978. – 232 с.

## Literatura

1. **Апаева N.N., Manishkin S.G., Mar'in G.S. i dr.** Фитосанитарное состояние почвы в зависимости от агротехнических приемов возделывания зерновых культур // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011. – №2 (76). – С.26-32.
2. **Апаева N.N., Malkov A.I., Manishkin S.G.** Улучшение фитосанитарного состояния почвы за счет внесения органических гранулированных удобрений на основе птичьего помета // Актуальные вопросы совершенствования технологий производства и переработки продукции сельского хозяйства: мат. конф. / Мариjsкий государственный университет. – 2017. – №19. – С.5-7.
3. **Ibragimov A.G.** Влияние агротехнических приемов на фитосанитарное состояние почвы при возделывании зерновых культур // Проблемы агрохимии и экологии. – 2016. – № 1. – С.43-45.
4. **Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Toropova E.YU.** Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // Агрохимия. – 2015. – № 8. – С.81-94.
5. **Abashev V.D., Kozlova L.M.** Сидераты в адаптивном земледелии // Аграрная наука Северо-Востока. – 2005. – №6. – С.169-178.
6. **Sokolov M.S., Spiridonov YU.YA., Toropova E.YU. i dr.** Экологические и фитосанитарные функции почвенного органического вещества (проблемно-аналитический обзор) // Агрохимия. – 2018. – Т. 5. – С. 83-100.
7. **Zdorov'e pochvy – uslovie vyhoda** из почвенного кризиса в сельском хозяйстве. URL.: / <https://regnum.ru/news/innovatio/2374594.html> (дата обращения: 18.10.2019).
8. **Bilaj V.I., Pidoplichko N.M.** Токсикообразующие микроскопические грибы. – Киев, 1970. – 291 с.
9. **Pidoplichko N.M.** Грибы-паразиты культурных растений: В 3-х т. Т. 1: Грибы соershennye: определитель. – Киев: Наукова Думка, 1977. – 300 с.
10. **Pidoplichko N.M.** Грибы-паразиты культурных растений: В 3-х т. Т. 3: Пикнидийные грибы: определитель. – Киев: Наукова думка, 1978. – 232 с.

УДК 633.8

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14038

Канд. техн. наук **П.Е. БАЛАНОВ**  
 (Университет ИТМО, balanov@yandex.ru)  
 Канд. техн. наук **И.В. СМОТРАЕВА**  
 (Университет ИТМО, irinasmotraeva@yandex.ru)  
 Аспирант **М.С. АБДУЛЛАЕВА**  
 (Университет ИТМО, m.s.abdullaeva@mail.ru)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕСВЕРАТРОЛА НА СТИМУЛЯЦИЮ И ИНГИБИРОВАНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕМЕНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Ресвератрол – соединение, входящее в состав различных растений. Оно является внутренним «антибиотиком», генерируемым растениями, и позволяет им успешно противостоять патогенной микробной активности. Это своеобразный иммунный ответ растений на внешние нежелательные раздражители.

Подобные вещества называются фитоалексинами, и содержание их в растительном мире колеблется в широких диапазонах [1]. В растениях, произрастающих в Российской Федерации, значительное количество ресвератрола содержится в корне рейнутрии сахалинской (*Reynoutria sachalinensis*). Часто также можно встретить название горец сахалинский.

Преыдушие исследования показали, что ресвератрол обладает не только антимикробными свойствами для растений, но и целым рядом свойств, полезных для человека. Например, высокая антиоксидантная активность [2], онкопротекторные свойства [3], кардиопротекторные свойства [4,5], нейропротекторные свойства [6], бактерицидные свойства [7,8] и другие положительные характеристики.

**Цель исследования** – получить данные по протекторным свойствам ресвератрола в неблагоприятной для прорастания семян среде.

Представляется интересным вопрос о влиянии ресвератрола на различные функции биологических объектов. В данной работе авторы исследовали влияние этого вещества на функцию прорастаемости сельскохозяйственных семян. Любое семя – это сложная структура, а механизм его прорастания обусловлен множеством факторов: наличие влаги, температура, освещенность и другие. При этом известно, что некоторые соединения могут служить стимуляторами или ингибиторами роста [9,10].

**Материалы, методы и объекты исследования.** В качестве ингибирующего агента был использован этиловый спирт, который тормозит ростовые процессы, вплоть до полной остановки. Опосредованно, таким образом, также можно выяснить поведение ресвератрола в пищевых продуктах, содержащих спирт, например, в вине и пиве. Этот аспект интересен в связи с тем, что кожица винограда различных сортов содержит ресвератрол в значительных количествах и существенная его часть будет переходить в готовый продукт.

В качестве исследуемого материала выступили семена редиса, так как они обладают быстрой всхожестью и не резистентны к содержанию в среде этилового спирта.

В качестве источника ресвератрола использовался экстракт горца сахалинского (содержание ресвератрола 98%).

Для исследования использовалась следующая модель распределения образцов:

- семена редиса раннего (36 образцов по 50 семян);
- раствор спирта этилового (конц.: 0,5%; 1,0%; 4,5%; 9,0%; 12,0%);
- раствор ресвератрола из горца сахалинского (конц.: 0,1%; 0,15%; 0,2%; 0,25%; 0,3%);
- вода дистиллированная.

Семена помещались в чашку Петри на подложку из фильтровальной бумаги, после чего в пробу добавлялся исследуемый (или контрольный) раствор. Производилась экспозиция в течение 24 часов, после чего производился подсчет проросших семян.

**Результаты исследований.** Семенной материал проращивался в условиях различных комбинаций спирта и ресвератрола. Для наглядности 4 из 36 образцов представлены на рис. 1.

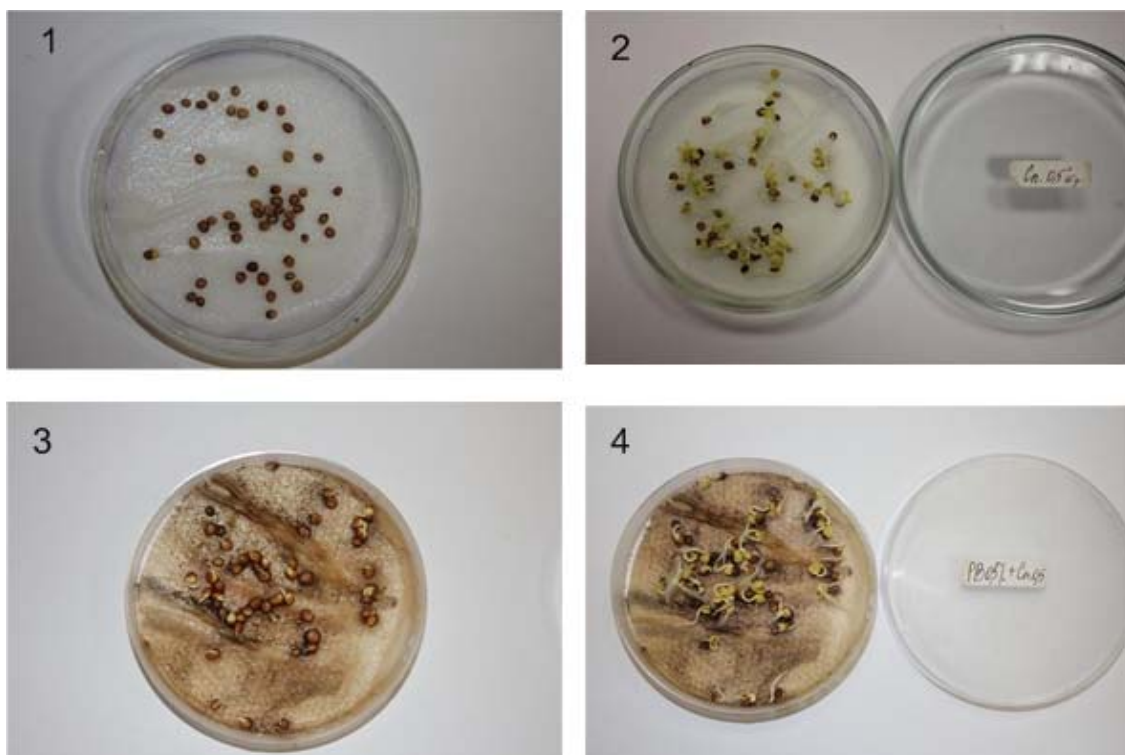


Рис. 1. Варианты прорастающего семенного материала: 1 – контрольная проба с водой; 2 – проба со спиртом 0,5% после 24-часовой экспозиции; 3 – проба со спиртом 0,5% и ресвератролом 0,3% после 10-часовой экспозиции; 4 – проба со спиртом 0,5% и ресвератролом 0,3% после 24-часовой экспозиции.



Визуально, при подсчете семян, признаком их пророщенности являлось наличие белого или светло-зеленого проростка в основании семени.

Результаты измерения прорастаемости семян в различных комбинациях спирта и ресвератрола представлены в таблице.

В результате исследований было установлено, что ресвератрол в определенной концентрации обладает заметным биологически-протекторным действием. Он в некоторой степени нивелирует токсичное действие этилового спирта и позволяет семенам прорасти в большем количестве, чем в контрольных образцах (без ресвератрола).

Таблице. Прорастаемость семян при различных концентрациях ресвератрола и этилового спирта

Количество проросших семян, %	Концентрация ресвератрола, %	Концентрация этилового спирта, %
96	0	0
84	0	0,5
78	0	1
12	0	4,5
10	0	9
6	0	12
96	0,1	0
100	0,15	0
100	0,2	0
98	0,25	0
96	0,3	0
90	0,1	0,5
94	0,15	0,5
96	0,2	0,5
94	0,25	0,5
92	0,3	0,5
80	0,1	1
81	0,15	1
86	0,2	1
85	0,25	1
84	0,3	1
14	0,1	4,5
16	0,15	4,5
22	0,2	4,5
26	0,25	4,5
24	0,3	4,5
10	0,1	9
10	0,15	9
12	0,2	9
17	0,25	9
16	0,3	9
7	0,1	12
8	0,15	12
10	0,2	12
12	0,25	12
10	0,3	12

Прирост прорастаемости при этом был стабильным, в диапазоне от 16 до 100%. При этом действие протекторных свойств ресвератрола проявлялось сильнее при большей

концентрации этанола. С этим эффектом, условно названным – гистерезис падения прорастаемости, предстоит разобраться в будущих исследованиях.

Сложную взаимосвязь комбинаций спирт – ресвератрол на процент прорастаемости трудно интерпретировать в двухмерной системе координат, так как меняющихся переменных две.

Для удобства восприятия была построена трехмерная модель поведения вышеуказанной системы. Она приведена на рис. 2.

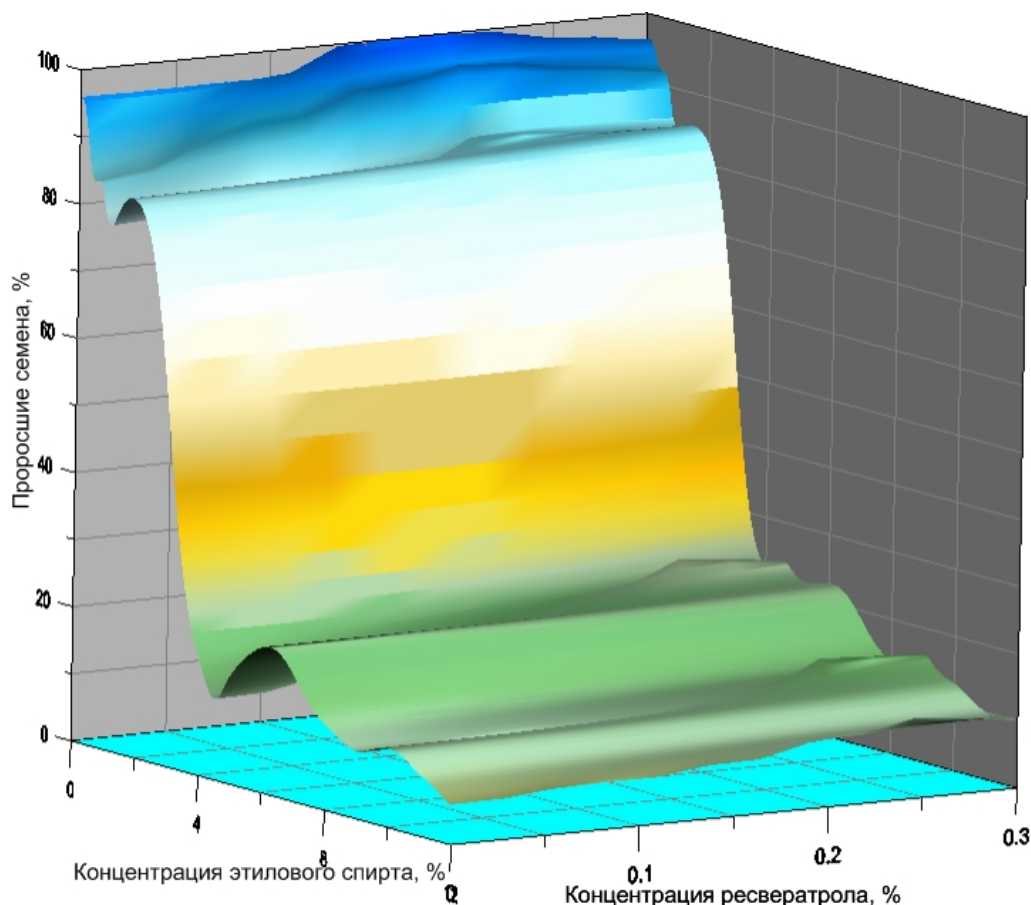


Рис. 2. Способность к прорастанию семян редиса в зависимости от концентрации этилового спирта и концентрации ресвератрола в среде

На представленном графике достаточно отчетливо видны локальные пики увеличения прорастаемости семян. Они находятся в диапазоне концентраций 0,15 – 0,2% ресвератрола при интервале концентраций этилового спирта 0 – 4,5%. И вторая группа локальных пиков наблюдается в диапазоне концентраций 0,2 – 0,25% ресвератрола при интервале концентраций этанола 9 – 12%.

При прочих равных условиях добавление ресвератрола в водно-спиртовую смесь всегда приводило к улучшению прорастаемости.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что прорастаемость семян падает в 16 раз при увеличении концентрации спирта примерно в 10 раз. При этом добавление ресвератрола в среду позволяет существенно повысить прорастаемость семян.

Добавление ресвератрола, полученного из горца сахалинского, позволяет снизить токсичный эффект этанола. Прорастаемость семян падает не так сильно, как в контрольных измерениях, а именно в 6-8 раз. Таким образом, можно констатировать, что биологическая протекция увеличивается примерно в 2 – 2,5 раза. Эта величина представляется существенной, так как позволяет прогнозировать протекторные свойства ресвератрола на различные продукты, содержащие алкоголь.

**Выводы.** В результате проведенных исследований было установлено:

1. Ресвератрол, полученный из экстракта горца сахалинского, проявляет выраженное антиоксидантное действие по отношению к семенам редиса.
2. Экзогенный, по отношению к проращиваемому материалу, фитоалексин – ресвератрол обладает биопротекторным свойством и позволяет снизить нагрузку на семена во время проращивания в 2 – 2,5 раза.
3. Полученные зависимости позволяют говорить о сложном характере взаимодействия системы семя – этиловый спирт – ресвератрол. Однако было отмечено наличие определенных концентраций ресвератрола, которые лучше других стимулируют прорастание семян. Для диапазона концентраций этилового спирта от 0,5% до 4,5% – это раствор ресвератрола с концентрацией 0,2%. Для диапазона концентраций этанола 9 – 12% – это раствор ресвератрола с концентрацией 0,25%.
4. Целесообразно продолжить исследования ресвератрола на иных биологических объектах для получения большей информации об этом соединении.
5. Следует расширять сырьевую базу источников ресвератрола в Российской Федерации, чтобы обеспечить независимость от экспортных возможностей и меняющейся ценовой политики.

#### Литература

1. **Зайцев Г.П., Мосолкова В.Е., Гришин Ю.В. и др.** Фитоалексины винограда и вина // Виноградарство и виноделие. – 2015. – Т.45. – С.110-112.
2. **Баланов П.Е., Смотраева И.В., Абдуллаева М.С.** Российское дикорастущее и сельскохозяйственное сырье как источник получения ресвератрола // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2 (55). – С. 57-62.
3. **Наволокин Н.А., Полуконова Н.В., Маслякова Г.Н. и др.** Противоопухолевая активность растительных экстрактов, содержащих биофлавоноиды // Российский биотерапевтический журнал. – 2013. – Т. 12. – № 2. – С. 59-59а.
4. **Baur J.A., Sinclair D.A.** Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence // Nat. Rev. Drug Discov. – 2006. – № 5. – P. 493–506.
5. **Das D.K., Maulik N.** Resveratrol in cardioprotection: a therapeutic promise of alternative medicine // Mol. Intervent. – 2006. – Vol. 6. – №1. – P. 36-47.
6. **Моисеева А.М., Железняк Н.В., Генералова А.Г., Моисеев Д.В.** Фитоалексин ресвератрол: методы определения, механизмы действия, перспективы клинического применения // Вестник фармации. – 2012. – № 1 (55). – С. 63-73.
7. **Генералов И.И., Коротина О.Л., Моисеева А.М. и др.** Оценка антимикробной активности ресвератрола и ресвератрол-содержащих экстрактов, полученных из местных растительных источников // Актуальные проблемы микробиологии, вирусологии, иммунологии: материалы юбилейной науч.-практ. конференции к 100-летию со дня рождения профессора А.П. Красильникова и 95-летию основания кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии БГМУ; под редакцией Т.А. Канашковой (19 октября 2018, Минск). – Минск, 2018. – С. 33-37.
8. **Коротина О.Л., Зубарева И.В., Юпатов Ю.Г. и др.** Антимикробное и иммуномодулирующее действие ресвератрола и ресвератрол-содержащих растительных экстрактов // Иммунология, аллергология, инфектология. – 2013. – № 3. – С.10-21.
9. **Киселева Т.Ф., Миллер Ю.Ю., Гребенникова Ю.В., Стабровская Е.И.** Возможность интенсификации солодоращения посредством использования комплекса органических кислот // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 1 (40). – С. 11-17.
10. **ГОСТ Р 52325-2005.** Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. – М.: Стандартиформ, 2015. – 21 с.

## Literatura

1. **Zaytsev G.P., Mosolkova V.Ye., Grishin Yu.V. i dr.** Fitoaleksiny vinograda i vina // Vinogradarstvo i vinodeliye. – 2015. – Т.45. – С.110-112.
2. **Balanov P.E., Smotrayera I.V., Abdullayeva M.S.** Rossiyskoye dikorastushcheye i sel'skokhozyaystvennoye syr'ye kak istochnik polucheniya resveratrola // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 2 (55). – С. 57-62.
3. **Navolokin N.A., Polukonova N.V., Maslyakova G.N. i dr.** Protivoopukholevaya aktivnost' rastitel'nykh ekstraktov, sodержashchikh bioflavonoidy // Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal. – 2013. – Т. 12. – № 2. – С. 59-59a.
4. **Baur J.A., Sinclair D.A.** Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence // Nat. Rev. Drug Discov. – 2006. – № 5. – P. 493–506.
5. **Das D.K., Maulik N.** Resveratrol in cardioprotection: a therapeutic promise of alternative medicine // Mol. Intervent. – 2006. – Vol. 6. – №1. – P. 36-47.
6. **Moiseyeva A.M., Zheleznyak N.V., Generalova A.G., Moiseyev D.V.** Fitoaleksin resveratrol: metody opredeleniya, mekhanizmy deystviya, perspektivy klinicheskogo primeneniya// Vestnik farmatsii. – 2012. – № 1 (55). – С. 63-73.
7. **Generalov I.I., Korotina O.L., Moiseyeva A.M. i dr.** Otsenka antimikrobnoy aktivnosti resveratrola i resveratrol-soderzhashchikh ekstraktov, poluchennykh iz mestnykh rastitel'nykh istochnikov // Aktual'nyye problemy mikrobiologii, virusologii, immunologii: materialy yubileynoy nauch.-prakt. konferentsii k 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora A.P. Krasil'nikova i 95-letiyu osnovaniya kafedry mikrobiologii, virusologii, immunologii BGMU; pod redaktsiyey T.A. Kanashkovoy (19 oktyabrya 2018, Minsk). – Minsk, 2018. – С. 33-37.
8. **Korotina O.L., Zubareva I.V., Yupatov U.G. i dr.** Antimikrobnoye i immunomoduliruyushcheye deystviye resveratrola i resveratrol-soderzhashchikh rastitel'nykh ekstraktov // Immunologiya, allergologiya, infektologiya. – 2013. – № 3. – С.10-21.
9. **Kiseleva T.F., Miller U.U., Grebennikova U.V., Stabrovskaya E.I.** Vozmozhnost' intensifikatsii solodorashcheniya posredstvom ispol'zovaniya kompleksa organicheskikh kislot // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2016. – № 1 (40). – С. 11-17.
10. **GOST R 52325-2005.** Semena sel'skokhozyaystvennykh rasteniy. Sortovyye i posevnyye kachestva. – М.: Standartinform, 2015. – 21 s.

УДК 636.087.24/664.8.022.3

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14043

Доктор с.-х. наук **А.С. МИТЮКОВ**

(ФГБУН Институт озерадения РАН, e-mail: mitals@yandex.ru)

Аспирант **Д. НСЕНГУМУРЕМЬИ**

(Университет ИТМО, e-mail: nsedanco@yahoo.fr)

Канд. техн. наук, доцент **Н.В. БАРАКОВА**

(Университет ИТМО, e-mail: n.barakova@mail.ru)

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ ГУМАТО-САПРОПЕЛЕВОЙ СУСПЕНЗИИ, ПОЛУЧЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ, НА СРОКИ ХРАНЕНИЯ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ

Зерновая барда в натуральном виде является ценным кормовым продуктом благодаря содержанию клетчатки, углеводов, белка и микроэлементов. В барде содержатся все питательные вещества, присущие исходному продукту. Белок барды обогащен незаменимыми аминокислотами: лизином, метионином и другими. Содержание аминокислот в пересчете на сухое вещество составляет 35,6%, на долю углеводов приходится 13,5%, жиров – 7-8%, минеральных солей – 2,4%. В послеспиртовой барде содержатся также витамины группы В, токоферол, эргостерин, микроэлементы: железо, цинк, марганец, медь и другие [1, 2]. По питательной ценности барда превосходит стандартные комбикорма. В 1 кг её содержится от 1,08 до 1,27 кормовых единиц [3].

Количество сырой послеспиртовой барды во много раз превосходит выход спирта и составляет 135-150 м<sup>3</sup> на 1000 дал этанола [4]. Высокое содержание влаги и наличие органических веществ приводит к интенсивному развитию процессов закисания и гниения, особенно в летний период. Сырая барда является скоропортящимся продуктом, срок ее хранения составляет 1-2 дня [5].

Для увеличения сроков хранения и более эффективного использования барды применяют биоконверсию, путем совместного культивирования различных штаммов микроорганизмов и ферментных препаратов, добавляя и смешивая их с грубыми кормами [5]. Помимо этого, можно применять вещества, которые будут ингибировать биохимические процессы, происходящие в сырой барде. Но такие методы трудны в плане подбора определенных штаммов микроорганизмов, которые будут осуществлять высокоэффективную переработку субстрата, а также такие технологии не полностью безотходные.

С целью увеличения срока хранения послеспиртовой барды проводят ее осушение. Из спиртовой барды получают продукт для кормления животных международного стандарта DDGS (distillers dried grains with soluble) – сухая послеспиртовая зерновая барда с растворимыми веществами. Для получения DDGS фильтрат барды упаривают, смешивают с твердой фракцией барды и высушивают до влажности 10% [6]. Однако эта технология хотя и хорошая, и высокоэффективная, но очень дорогая и энергоемкая, поэтому не находит широкого применения.

Срок хранения сухой барды согласно ГОСТ 31809-2012 – 6 месяцев с даты изготовления при соблюдении условий хранения: сухие, чистые, хорошо проветриваемые закрытые складские помещения с температурой воздуха не больше 18°C и относительной влажностью не выше 70%.

При хранении сухой послеспиртовой барды идут процессы, которые могут привести к снижению органолептических параметров (цвет, запах, вкус), а следовательно, и к снижению кормовой и товарной ценностям. Для поддержания привлекательности барды как корма для сельскохозяйственных животных необходимо искать новые, экономически целесообразные пути сохранения в натуральном виде, обращая внимание на удлинение срока хранения послеспиртовой барды для использования в животноводстве.

В работах [7, 8] показано, что ультрадисперсные гумато-сапропелевые суспензии (УДГСС), содержащие гуминовые вещества, оказывают бактерицидное и фунгицидное действие на зерновое сырье. Актуально исследовать влияние обработки УДГСС на сроки хранения сырой и сухой послеспиртовой барды.

**Целью данных исследований** явилось установить степень влияния обработки зерна ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензией на сроки хранения жидкой и сухой послеспиртовой барды.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Объектами исследования служила жидкая и сухая послеспиртовые ячменные барды.

УДГСС были получены НИИ Озероведения РАН. Разработана природоподобная технология получения ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии (УДГСС) в качестве кормовой добавки для животноводства и микроудобрений для растениеводства. Наноструктурная суспензия с частицами размера 86-89 нм была наработана с помощью установки ПСБ-ГАЛС 18035-05 (частота 35 кГц, ультразвуковое давление 2 Вт/см<sup>2</sup>) по ранее представленному ИНОЗ РАН регламенту методом ультразвукового воздействия на сапропель. Было установлено, что полученные суспензии эффективно дезактивируют распространенные в окружающей среде экотоксиканты ряда тяжелых металлов и при включении в рацион питания сельскохозяйственных животных приводят к значительному повышению среднесуточного прироста живой массы [9]. Было правомерно предположить, что ультрадисперсные гумато-сапропелевые суспензии, содержащие наночастицы с высокоразвитой поверхностью и наличием химически активных функциональных групп, должны обладать высокими сорбционными свойствами не только по отношению к

неорганическим веществам, но и к субстанциям биологической природы типа вирусов и патогенных микроорганизмов. В связи с изложенным было предположено, что УДГСС должен оказать положительное влияние на срок сохранения послеспиртовой барды и на сохранение ее положительных качеств.

Для проведения исследований рН суспензии был нормализован и равнялся 7. Для исключения заражения УДГСС патогенной микрофлорой была проведена стерилизация автоклавированием. Концентрация гуминовой кислоты в УДГСС составляла 14,7%, содержание золы – 5,6%. Концентрация гуминовых кислот была определена согласно методике Lamar et al. 2014 [10].

Получение барды проводилось по ранее описанной методике [7], сухая послеспиртовая барда высушивалась в сушильном шкафу ES-4610 при температуре 60°C до влажности 10%.

В послеспиртовую барду вносили ультрадисперсную гумато-сапропелевую суспензию в количестве 0,1 мл/г.

Число колониеобразующих единиц в мл–КОЕ/мл в послеспиртовой барде, полученной из зерен ячменя (обработанного и необработанного УДГСС), определяли методом посева на питательную среду (чашечный метод). Метод основан на том, что каждая колония представляет собой потомство одной клетки. Это позволяет на основании числа колоний, выросших после посева на агаризованную среду с определенным объемом исследуемого материала, судить об исходном содержании в нем клеток микроорганизмов. Послеспиртовую барду разводили стерильной дистиллированной водой в асептических условиях, отбирали пипеткой 1 мл из каждой разведения  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  и  $10^{-3}$  и вносили в агаровую среду с экстрактом говядины (ГМФ-АГАР) с глюкозой. Культивирование проводили при 30°C в течение 48 часов; после истечения времени инкубации производили подсчет колоний.

Полученные данные подвергали дисперсионному анализу (ANOVA) с использованием статистического программного обеспечения Origin (версия 8.1) с 5% значимостью. Все измерения были сделаны как минимум в трех повторностях.

Кислотное число жира определяли согласно ГОСТу 13496.18-85. Сущность метода заключается в титровании 0,1 н раствором гидроокиси калия свободных жирных кислот, извлеченных из продукта методом экстрагирования смесью хлороформа и этилового спирта [11].

Массовую долю растворимых белков определяли методом Лоури. Метод основан на образовании окрашенных продуктов при взаимодействии реактива Фолина с щелочными растворами белков [12]. Интенсивность окрашивания определялась на фотоэлектроколориметре при длине волны 580 нм.

**Результаты исследований.** Из-за высокого содержания влаги в сырой барде активно происходят процессы закисания среды. Аэробные условия хранения барды способны привести к развитию гнилостной микрофлоры. В табл. 1 представлены результаты изменения содержания микроорганизмов в сырой послеспиртовой барде.

Таблица 1. Содержание микроорганизмов на сырой послеспиртовой барде в процессе хранения

Наименование образца	Изменение показателей в зависимости от времени хранения		
	Количество микроорганизмов, КОЕ / г барды		
	1 сутки хранения	2 сутки хранения	3 сутки хранения
Сырая ячменная послеспиртовая барда, не обработанная УДГСС	$(1,30 \pm 0,002) \cdot 10^3$	$(5,01 \pm 0,023) \cdot 10^4$	$(1,76 \pm 0,002) \cdot 10^6$
Сырая ячменная послеспиртовая барда, обработанная УДГСС	$(4,10 \pm 0,001) \cdot 10^2$	$(2,53 \pm 0,063) \cdot 10^4$	$(1,77 \pm 0,002) \cdot 10^6$

Добавление УДГСС уменьшает количество микроорганизмов в сырой послеспиртовой барде, их концентрация меньше контрольного образца в 1,98 раза во вторые сутки хранения. В последующие сутки количество микроорганизмов особо не различается, возможно, поэтому для уменьшения количества микрофлоры следует вносить УДГСС не только в начале обработки, но и в течение последующего хранения.

На данный момент не существует стандартизированной оценки органолептических показателей сырой барды. Согласно ГОСТ 31809-2012 цвет барды должен варьировать от светло-желтого до коричневого, равномерно по всей массе. Однако ГОСТ не предусматривает, как оттенки барды могут характеризовать качество сырья. Запах должен быть хлебно-дрожжевым, свойственным сырью, из которого вырабатывается барда, без наличия затхлого, плесенного и других посторонних запахов. Нами предложена балльная оценка по запаху обработанной и необработанной УДГСС сырой послеспиртовой барды. Эта оценка включает в себя пятибалльную шкалу, где оценка 5 – запах хлебно-дрожжевой, характерный сырью, 4 – запах умеренно хлебно-дрожжевой, 3 – запах хлебно-дрожжевой с наличием слабого кислого запаха, 2 – запах с наличием закисленного, гнилостного тона, 1 – невыносимый гнилой запах. Оценка барды проводилась каждые сутки в течение 3 дней. В целях исключения индивидуальных значительных отклонений в персональной оценке, количество участвующих опрошенных в каждые сутки составляло 10 человек, полученный результат представляет собой среднюю оценку (табл. 2).

Таблица 2. Органолептические показатели сырой послеспиртовой барды в процессе хранения

Наименование образца	Показатели	Время		
		1 сутки хранения	2 сутки хранения	3 сутки хранения
Сырая ячменная послеспиртовая барда, не обработанная УДГСС	Запах	4	2	1,8
	Цвет	светло-коричневый	светло-коричневый	светло-коричневый
Сырая ячменная послеспиртовая барда, обработанная УДГСС	Запах	5	4	4,3
	Цвет	темно-коричневый	темно-коричневый	темно-коричневый

Срок годности сухой барды значительно больше по сравнению с сырой, но из-за несоблюдения условий хранения (высокой влажности, перепадов температур) повышается риск увеличения количества микроорганизмов, патогенных для сельскохозяйственных животных.

Органолептическая оценка сырой послеспиртовой барды показала, что цвет барды в обоих образцах не изменился, а в запахе барды без добавления УДГСС после 48 часов хранения появились признаки закисания и гниения. В барде, в которую вносили УДГСС, после 72 часов хранения эти признаки отсутствовали.

В табл. 3 приведены данные изменения количества микроорганизмов в контрольном необработанном и обработанном УДГСС образцах в течение года.

Из данных, представленных в табл. 3, следует, что обработка УДГСС сухой послеспиртовой барды значительно снизила содержание микроорганизмов по сравнению с контрольным необработанным образцом. Хранение барды в течение 12 месяцев сопровождается повышением количества микроорганизмов, но данное значение не превышает значения КОЕ необработанной барды и ниже его в 3,5 раза. Полученные результаты дают основание рекомендовать использование ультрадисперсных гуматосапропелевых суспензий в консервации послеспиртовой барды для уменьшения риска контаминации барды микроорганизмами.

Таблица 3. Содержание микроорганизмов в сухой послеспиртовой барде в процессе хранения

Наименование образца	Изменение показателей в зависимости от времени хранения		
	Количество микроорганизмов, КОЕ / г барды		
	до хранения	6 месяцев	12 месяцев
Сухая ячменная послеспиртовая барда, не обработанная УДГСС	$(7,56 \pm 0,093) \times 10^4$	$(8,03 \pm 0,023) \times 10^4$	$(8,86 \pm 0,063) \times 10^4$
Сухая ячменная послеспиртовая барда, обработанная УДГСС	$(1,06 \pm 0,001) \times 10^4$	$(1,64 \pm 0,33) \times 10^4$	$(2,45 \pm 0,004) \times 10^4$

Хранение сухой барды сопровождается процессами, ведущими к снижению органолептических показателей. Эти процессы затрагивают липидную составляющую спиртовой барды и определяются активностью фермента липазы. Липаза сохраняет свою активность в покоящемся сухом зерне, при этом происходит замедленное образование свободных жирных кислот. Накопление свободных жирных кислот отражает показатель «кислотного числа жира» [11]. Результаты исследований кислотного числа жира и других показателей в сухой послеспиртовой барде, в контрольном и опытном образцах, представлены в табл. 4. В зерне и зерновых продуктах при влажности ниже 13,5% не происходит развитие плесени, и изменения идут за счет гидролитических процессов. Эти процессы в первую очередь затрагивают липидную фракцию зерна, и в значительной мере определяется активностью липазы, а обработка УДГСС повышает ее активность, так как она ингибируется гуминовыми веществами [11].

Таблица 4. Качественные показатели сухой послеспиртовой барды в процессе хранения

Наименование образца	Показатели	Время хранения			
		до хранения	3 месяца	6 месяцев	9 месяцев
Сухая ячменная послеспиртовая барда, не обработанная УДГСС	Кислотное число, мг КОН на 1 г жира	$1,28 \pm 0,03$	$1,91 \pm 0,05$	$2,96 \pm 0,01$	$3,04 \pm 0,02$
	Водорастворимый белок, % а. с. в.	$1,58 \pm 0,02$	$1,34 \pm 0,02$	$1,10 \pm 0,01$	$0,90 \pm 0,03$
	Массовая доля влаги, %	$6,17 \pm 0,23$	$8,07 \pm 0,01$	$8,54 \pm 0,02$	$8,71 \pm 0,03$
	pH	$4,50 \pm 0,10$	$4,50 \pm 0,03$	$4,40 \pm 0,03$	$4,20 \pm 0,01$
Сухая ячменная послеспиртовая барда, обработанная УДГСС	Кислотное число, мг КОН на 1 г жира	$1,26 \pm 0,01$	$1,27 \pm 0,03$	$1,25 \pm 0,04$	$1,28 \pm 0,03$
	Водорастворимый белок, % а. с. в.	$1,94 \pm 0,01$	$1,92 \pm 0,03$	$1,88 \pm 0,02$	$1,87 \pm 0,03$
	Массовая доля влаги, %	$7,03 \pm 0,12$	$8,41 \pm 0,01$	$8,94 \pm 0,03$	$8,99 \pm 0,01$
	pH	$6,12 \pm 0,12$	$6,10 \pm 0,01$	$6,06 \pm 0,01$	$6,05 \pm 0,03$

Обработка УДГСС привела к снижению кислотного числа жира в сухой барде. Показатели снизились на 33%, что обусловлено ингибирующим эффектом гуматосапропелевых суспензий на липазный комплекс ферментов.

В результате обработка сухой послеспиртовой барды полученной суспензией позволила повысить количество водорастворимого белка в обработанной барде, который увеличился на 23%. В процессе хранения послеспиртовой барды происходит изменение водорастворимой фракции белка. В течение 6 месяцев количество водорастворимого белка в контрольном образце снизилось на 30%, а в обработанном – на 24%. Обработка УДГСС



позволила стабилизировать фракционный состав белка в процессе хранения, это связано с тем, что гуминовые кислоты, содержащиеся в суспензиях, при pH 5-8 способны к инкапсуляции белков и влияют на его активность [13].

Массовая доля влаги в период исследования в обработанном образце повысилась на 27%, в необработанном – на 38%. В обоих случаях содержание влаги соответствует стандартному показателю для сухой барды [14].

**Выводы.** В результате исследований было изучено влияние ультрадисперсных гумато-сапропелевых суспензий, выделенных из озерного сапропеля, на барду. Добавление УДГСС уменьшает количество микроорганизмов в сырой послеспиртовой барде, их концентрация меньше контрольного образца в 1,98 раза во вторые сутки хранения. В последующие сутки количество микроорганизмов особо не различается, возможно, поэтому для уменьшения количества микрофлоры следует вносить УДГСС не только в начале обработки, но и в течение последующего хранения.

Обработка УДГСС сухой послеспиртовой барды значительно снижает содержание микроорганизмов по сравнению с контрольным необработанным образцом, приводит к снижению кислотного числа жира в сухой барде. Эти показатели снижаются на 33%, что обусловлено ингибирующим эффектом гумато-сапропелевых суспензий на липазный комплекс ферментов.

В результате обработка сухой послеспиртовой барды полученной суспензией позволила повысить количество водорастворимого белка в обработанной барде, который увеличился на 23%.

Полученные результаты дают основание рекомендовать использование ультрадисперсных гумато-сапропелевых суспензий в консервации послеспиртовой барды для уменьшения риска контаминации барды микроорганизмами.

### Литература

1. **Егоров И.А. и др.** Послеспиртовая барда и пивная дробина в кормлении птицы // Комбикорма. – 2006. – №. 2. – С. 61-63.
2. **Егоров И.А. и др.** Высокобелковый сухой кормовой концентрат на основе послеспиртовой барды // Птицеводство. – 2012. – №. 12. – С. 25-28.
3. **Смолянинов Ю.И. и др.** Отходы спиртовой промышленности в кормлении сельскохозяйственных животных // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Монголии, Сибирского региона, Казахстана и Болгарии: сб. науч. докл. XVI междунар. науч.-практ. конф. (г. Улаанбаатар, 29-30 мая 2013 г.). – Улаанбаатор, 2013. – С. 101-103.
4. **Кузнецов И.Н., Ручай Н.С.** Анализ мирового опыта в технологии переработки послеспиртовой барды // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2010. – Т. 1. – №. 4.
5. **Фадеева И.В., Атыкян Н.А., Ревин В.В.** Отработка условий биоконверсии отходов спиртовой промышленности с помощью молочнокислых бактерий и базидиальных грибов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2009. – №. 6-1.
6. **Чиркова А.И., Литвинов П.В.** Использование дрожжей для переработки спиртовой барды // Молодой ученый. – 2018. – №20. – С. 210-213.
7. **Nsengumuremyi D. et al.** Effects of Ultradisperse Humic Sapropele Suspension on Microbial Growth and Fermentation Parameters of Barley Distillate // Fermentation. – 2019. – Т. 5. – №. 1. – С. 24.
8. **Нсенгумуремый Д., Баракова Н.В., Митюков А.С.** Влияние ультрадисперсных гумато-сапропелевых суспензий на микробиологическую обсемененность ячменя и послеспиртовой барды // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – №. 2 (55). – С. 28–33.
9. **Нсенгумуремый Д., Баракова Н.В., Митюков А.С.** Влияние обработки зерна ультрадисперсными гумато-сапропелевыми суспензиями на качественные показатели зернового сусла и зрелой бражки // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – №. 3 (56). – С. 69–74.

10. **Lamar R.T. et al.** A new standardized method for quantification of humic and fulvic acids in humic ores and commercial products // *Journal of AOAC International*. – 2014. – Т. 97. – №. 3. – С. 721-730.
11. **Приезжева Л.Г., Шухнов А.Ф.** Метод определения кислотного числа жира в продуктах переработки зерна // *Пищевая промышленность*. – 2010. – №. 12. – С.61-63.
12. **Данина М.М., Сергачева Е.С., Соболева Е.В.** Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов, готовых хлебобулочных и кондитерских изделий. Лабораторные работы: учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 57 с.
13. **Tomaszewski J.E., Schwarzenbach R.P., Sander M.** Protein encapsulation by humic substances // *Environmental science & technology*. – 2011. – Т. 45. – №. 14. – С. 6003-6010.
14. **ГОСТ 31809-2012.** Барда кормовая. Технические условия – Введ. 2013-07-0. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.

### Literatura

1. **Egorov I.A. i dr.** Poslespirtovaya barda i pivnaya drobina v kormlenii pticy // *Kombikorma*. – 2006. – №. 2. – С. 61-63.
2. **Egorov I.A. i dr.** Vysokobelkovyj suhoj kormovoj koncentrat na osnove poslespirtovoj bardy // *Pticevodstvo*. – 2012. – №. 12. – С. 25-28.
3. **Smolyaninov YU.I. i dr.** Othody spirtovoj promyshlennosti v kormlenii sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh // *Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu Mongolii, Sibirskogo regiona, Kazahstana i Bolgarii: sb. nauch. dokl. XVI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Ulaanbaatar, 29-30 maya 2013 g.)*. – Ulaanbaator, 2013. – С. 101-103.
4. **Kuznecov I.N., Ruchaj N.S.** Analiz mirovogo opyta v tekhnologii pererabotki poslespirtovoj bardy // *Trudy BGTU. Seriya 2: Himicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya*. – 2010. – Т. 1. – №. 4.
5. **Fadeeva I.V., Atykyan N.A., Revin V.V.** Otrabotka uslovij biokonversii othodov spirtovoj promyshlennosti s pomoshch'yu molochnokislyh bakterij i bazidial'nyh gribov // *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo*. – 2009. – №. 6-1.
6. **CHirkova A.I., Litvinov P.V.** Ispol'zovanie drozhzhej dlya pererabotki spirtovoj bardy // *Molodoy uchenyj*. – 2018. – №20. – С. 210-213.
7. **Nsengumuremyi D. et al.** Effects of Ultradisperse Humic Sapropel Suspension on Microbial Growth and Fermentation Parameters of Barley Distillate // *Fermentation*. – 2019. – Т. 5. – №. 1. – С. 24.
8. **Nsengumuremyi D., Barakova N.V., Mityukov A.S.** Vliyanie ul'tradispersnyh gumato-sapropel'nyh suspenzij na mikrobiologicheskuyu obsemenennost' yachmenya i poslespirtovoj bardy // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2019. – №. 2 (55). – С. 28–33.
9. **Nsengumuremyi D., Barakova N.V., Mityukov A.S.** Vliyanie obrabotki zerna ul'tradispersnymi gumato-sapropel'nyimi suspenziyami na kachestvennye pokazateli zernovogo susla i zreloy brazhki // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2019. – №. 3 (56). – С. 69–74.
10. **Lamar R.T. et al.** A new standardized method for quantification of humic and fulvic acids in humic ores and commercial products // *Journal of AOAC International*. – 2014. – Т. 97. – №. 3. – С. 721-730.
11. **Приезжева Л.Г., Шухнов А.Ф.** Метод определения кислотного числа жира в продуктах переработки зерна // *Пищевая промышленность*. – 2010. – №. 12. – С.61-63.
12. **Данина М.М., Сергачева Е.С., Соболева Е.В.** Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов, готовых хлебобулочных и кондитерских изделий. Лабораторные работы: учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 57 с.
13. **Tomaszewski J.E., Schwarzenbach R.P., Sander M.** Protein encapsulation by humic substances // *Environmental science & technology*. – 2011. – Т. 45. – №. 14. – С. 6003-6010.
14. **ГОСТ 31809-2012.** Барда кормовая. Технические условия – Введ. 2013-07-0. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.

УДК 636.082.2

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14050

Канд. с.-х. наук **Р.В. ПАДЕРИНА**  
(ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, paderinar@mail.ru)Канд. с.-х. наук **А.В. КОВРОВ**  
(ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, lesha123-123@mail.ru)Канд. с.-х. наук **Н.Д. ВИНОГРАДОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАВМ, n\_vinogradova35@mail.ru)**ВЗАИМОСВЯЗЬ АЛЛЕЛЕЙ ГРУПП КРОВИ С РЯДОМ ХОЗЯЙСТВЕННО-  
ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ У КОРОВ**

Эффективное развитие агропромышленного комплекса, в том числе увеличение производства продуктов животноводства, настойчиво требует разработки новых и совершенствования существующих методов разведения сельскохозяйственных животных с использованием достижений современной биохимии, генетики, физиологии, математики. Ускоренное выведение животных, сочетающих высокую продуктивность с резистентностью, возможно с применением совершенных методов селекции на основе генетических и других биологических исследований.

В этом отношении представляет интерес применение данных иммуно-генетики и биохимической генетики: эритроцитарных антигенов, типов белков и ферментов крови, молока и других биологических жидкостей [1].

Продуктивные качества крупного рогатого скота, ростовые характеристики, степень выраженности иммунного ответа контролируются большим количеством генов. В настоящее время учеными разных стран ведется поиск участков генома, имеющих наибольшее влияние на хозяйственно-полезные признаки и иммунитет животных [2].

Большой интерес для селекции представляет взаимосвязь полиморфных систем групп крови с продуктивностью крупного рогатого скота [3,4].

При изучении аллелей групп крови и их взаимосвязи с продуктивными признаками в стадах крупного рогатого скота ряд исследователей пришли к выводу, что для каждой популяции характерны свои аллели, имеющие положительную связь с удоем, воспроизводительными качествами, экстерьерными признаками [5,6,7,8,9, 10].

**Цель исследования** — изучить сочетания антигенов ЕАВ локуса группы крови, а именно фенотипов G2Y2E'2Q' и B2O1B'1, их связь с уровнем молочной продуктивности (удой, МДЖ, МДБ) и показателями роста и развития (живая масса в 12 месяцев и при первом осеменении, возраст первого осеменения и отела).

**Материалы, методы и объекты исследований.** Материалами послужили данные исследований групп крови в лаборатории иммуногенетики ОАО «Кировплем», взятые по маточному поголовью коров черно-пестрой породы в племрепродукторе ООО «Андреевское» Уржумского района Кировской области.

Все анализируемые животные, в том числе и выбывшие, были поделены на группы в зависимости от наличия или отсутствия в крови 2-х фенотипов (сочетаний антигенов): 1-я группа – есть сочетание антигенов – фенотипы G2Y2E'2Q' или B2O1B'1; 2-я группа – нет таких фенотипов.

**Результаты исследований.** Рассматривая возрастную динамику распределения животных, с наличием данных аллелей среди исследуемых животных можно отметить, что наибольшее количество животных с фенотипом G2Y2E'2Q' отмечается у коров 2-й, 3-й, 4-й лактации – 28,9-34,8%, а с фенотипом B2O1B'1 – у животных 1-й и 3-й лактации

(21,5-17,6%). В целом же, за исключением животных 1-й лактации, количество коров с первой феногруппой в среднем в два раза превышает вторую (табл. 1).

Таблица 1. Возрастная динамика удельного веса животных с данными феногруппами, %

Группы животных	Лактация					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я и старше
С феногруппой G2Y2E'2Q'	19	34,8	31,4	28,9	16,7	-
С феногруппой B2O1B'1	21,5	10,1	17,6	15,6	-	-

При сравнении показателей роста и развития животных по живой массе в 12 месяцев, при 1 осеменении, возрасту первого отела, как между животными с наличием или отсутствием данных феногрупп, так и между животными, которые имеют данные аллели, каких-либо достоверных отличий выявлено не было (табл. 2).

Таблица 2. Показатели роста и развития животных

Группа	n	Живая масса, кг		Возраст, мес.		ПЗЛ
		в 12 мес.	при 1 осем.	1 осемен.	1 отела	
1 (есть G2Y2E'2Q')	175	263±2	369±3	18,2±0,2*	28,0±0,3	2,9±0,1
2 (нет G2Y2E'2Q')	449	267±1	368±2	17,5±0,1	27,5±0,2	2,6±0,1
1 (есть B2O1B'1)	56	263±2	366±4	17,5±0,3	27,0±0,3	1,9±0,1*
2 (нет B2O1B'1)	568	266±1	369±2	17,7±0,1	27,8±0,1	2,8±0,1

Примечание: здесь и далее ПЗЛ – последняя законченная лактация; \*p <0,05; \*\* p <0,01; \*\*\* p <0,001

Достоверная разница была отмечена по возрасту первого осеменения – животных с наличием феногруппы B2O1B'1 осеменяли в среднем на 0,7 месяца раньше, чем животных с наличием феногруппы G2Y2E'2Q'. Одновременно, средняя продолжительность хозяйственного использования (ПЗЛ – последняя законченная лактация) у них также достоверно меньше по сравнению со всеми группами, что объясняется небольшим количеством животных, попавших в данную группу, либо феногруппа имеет недавний характер распространения в стаде (то есть животных с 3-й, 4-й, 5-й лактацией небольшое количество, что показывают данные табл. 1).

Сравнивая показатели удоя внутри исследуемых групп (табл.3), установлено, что удои животных как с наличием, так и с отсутствием феногруппы G2Y2E'2Q' за 3-ю лактацию, ПЗЛ, максимальную и средние лактации, находились практически на одном уровне (p>0,05).

Таблица 3. Показатели удоя за 305 дней лактации у сравниваемых групп

Группа	Удой за 305 дней, кг				
	1-я лактация	3-я лактация	ПЗЛ	максимальная	средний
1 (есть G2Y2E'2Q')	5778±101	6628±150	6855±104	7307±85	6520±81
2 (нет G2Y2E'2Q')	6116±60***	6877±85	6942±62	7323±53	6660±48
1 (есть B2O1B'1)	6601±162***	6954±349	6968±176	7227±151	6844±143*
2 (нет B2O1B'1)	5997±54	6795±76	6912±56	7327±47	6599±56

Достоверная разность отмечалась лишь по 1-й лактации, причем животные с наличием данного аллеля уступали тем, у кого он отсутствовал.

Подобная же закономерность наблюдалась и в отношении всех рассматриваемых лактаций у животных с наличием 2-й феногруппы. При сравнении же показателей удоя между животными, имеющими или 1-ю, или 2-ю феногруппу, выявлено, что животные, имеющие сочетание антигенов B2O1B'1 как по удою за 1-ю лактацию, так и по средней продуктивности, достоверно превосходят животных с 1-й феногруппой.

По показателям МДЖ, МДБ за 1-ю, 3-ю и ПЗЛ (табл. 4) как внутри исследуемых групп, так и при сравнении групп животных, имеющих ту или иную феногруппу, достоверных отличий выявлено не было.

Таблица 4. Показатели МДЖ<sup>1</sup> и МДБ<sup>2</sup> сравниваемых групп

Группа	МДЖ,%			МДБ,%		
	1-я лакт.	3-я лакт.	ПЗЛ	1-я лакт.	3-я лакт.	ПЗЛ
1 (есть G2Y2E'2Q')	3,90±0,05	4,10±0,02	4,28±0,03	3,08±0,02	3,10±0,01	3,16±0,01
2 (нет G2Y2E'2Q')	3,87±0,03	4,13±0,01	4,14±0,02	3,09±0,01	3,14±0,01	3,17±0,01
1 (есть B2O1B'1)	3,93±0,03	4,54±0,2	4,16±0,07	3,14±0,01	3,25±0,08	3,17±0,02
2 (нет B2O1B'1)	3,87±0,01	4,10±0,03	4,15±0,01	3,08±0,01	3,12±0,01	3,17±0,01

Примечание: МДЖ<sup>1</sup> – массовая доля жира в молоке; МДБ<sup>2</sup> – массовая доля белка в молоке.

Для более детального рассмотрения изучаемых взаимосвязей вся группа животных была ранжирована в зависимости от уровня максимального удоя ( $M=7319$  кг, среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) – 1130 кг). Все животные были поделены на три группы: группа  $M+\sigma$  (от 8449 кг и более – группа лучших); группа  $M-\sigma$  (менее 6189 кг – группа худших) и группа – все остальные. Анализировались показатели животных только худших и лучших групп.

Анализируя показатели роста и развития животных двух сравниваемых групп (табл. 5), так же как и в проведенном ранее анализе, между группами и внутри групп каких-либо существенных (достоверных) различий выявлено не было.

Таблица 5. Показатели роста и развития животных анализируемых групп

Группа	n	Живая масса, кг		Возраст, мес.		ПЗЛ
		в 12 мес.	при 1 осем.	1 осемен.	1 отела	
<i>по худшим (M - <math>\sigma</math>)</i>						
1 (есть G2Y2E'2Q')	27	264±6	368±8	19,1±0,8	29,6±1,0	2,3±0,2
2 (нет G2Y2E'2Q')	68	266±3	366±4	18,1±0,4	28,1±0,5	1,9±0,2
1 (есть B2O1B'1)	12	260±4	348±11	17,2±0,8	26,6±0,9	1,6±0,3
2 (нет B2O1B'1)	83	267±3	370±4*	18,5±0,3	28,8±0,5	2,1±0,2
<i>по лучшим (M + <math>\sigma</math>)</i>						
1 (есть G2Y2E'2Q')	31	265±6	368±4	17,8±0,3	27,8±0,3	3,06±0,3
2 (нет G2Y2E'2Q')	65	273±5	369±4	17,4±0,3	27,3±0,4	3,17±0,2
1 (есть B2O1B'1)	18	265±9	366±13	17,5±0,6	27,6±0,8	1,9±0,4
2 (нет B2O1B'1)	88	270±5	369±3	17,5±0,3	27,5±0,3	3,3±0,2

Достоверное отличие (превосходство) отмечено лишь по живой массе при первом осеменении у животных 1-й группы с отсутствием феногруппы B2O1B'1. Также у животных с данной комбинацией антигенов, как и ранее, наблюдался и более низкий показатель продолжительности хозяйственного использования (ПЗЛ 1,6-1,9).

Анализ показателей МДЖ и МДБ по 1-й, 3-й и ПЗЛ у животных как внутри 1-й и 2-й групп, а также при сравнении животных с изучаемыми феногруппами в пределах этих групп каких-либо существенных различий не выявил, кроме достоверного превосходства коров 1-й группы с наличием феногруппы G2Y2E'2Q' над животными, у которых она отсутствует по МДЖ (табл.6).

При анализе величины удоя в рассматриваемых группах (табл.7) было установлено, что по 1-й группе у животных с наличием феногруппы G2Y2E'2Q' достоверных отличий с коровами, не имеющими данного сочетания антигенов, выявлено не было. У коров с наличием второй феногруппы достоверное превосходство наблюдалось только по первой лактации как внутри группы, так и над животными с первой феногруппой.

Таблица 6. Показатели МДЖ и МДБ сравниваемых групп

Группа	МДЖ,%			МДБ,%		
	1 лакт.	3 лакт.	ПЗЛ	1 лакт.	3 лакт.	ПЗЛ
<i>по худшим (M - σ)</i>						
1 (есть G2Y2E'2Q')	4,05±0,09*	4,02±0,1	4,10±0,1	3,09±0,04	3,12±0,06	3,12±0,03
2 (нет G2Y2E'2Q')	3,90±0,03	4,35±0,2	4,04±0,05	3,10±0,01	3,10±0,06	3,13±0,06
1 (есть B2O1B'1)	3,95±0,08	-	4,12±0,16	3,14±0,03	-	3,16±0,05
2 (нет B2O1B'1)	3,94±0,04	4,16±0,1	4,05±0,04	3,08±0,02	3,11±0,1	3,12±0,02
<i>по лучшим (M + σ)</i>						
1 (есть G2Y2E'2Q')	3,87±0,04	3,94±0,05	4,15±0,07	3,09±0,04	3,08±0,04	3,16±0,02
2 (нет G2Y2E'2Q')	3,77±0,03	4,16±0,08	4,09±0,05	3,06±0,02	3,06±0,04	3,11±0,02
1 (есть B2O1B'1)	3,92±0,07	4,44±0,02	4,12±0,16	3,13±0,03	2,95±0,02	3,11±0,02
2 (нет B2O1B'1)	3,79±0,02	4,04±0,06	4,05±0,04	3,06±0,02	3,12±0,02	3,13±0,02

Таблица 7. Показатели удоя за 305 дней лактации у сравниваемых групп

Группа	Удой за 305 дней, кг				
	1 лактация	3 лактация	ПЗЛ	максимальная	средний
<i>по худшим (M - σ)</i>					
1 (есть G2Y2E'2Q')	4893±155	5231±276	5388±132	5556±103	5203±104
2 (нет G2Y2E'2Q')	5104±120	5341±163	5480±80	5545±77	5324±88
1 (есть B2O1B'1)	5410±169**	-	5575±145	5701±149	5524±128
2 (нет B2O1B'1)	4991±111	5236±127	5434±76	5526±69	5256±79
<i>по лучшим (M + σ)</i>					
1 (есть G2Y2E'2Q')	6577±276	7950±358	8204±249	8635±77	7648±153
2 (нет G2Y2E'2Q')	6654±179	8250±226	8679±133*	9099±63***	7852±97
1 (есть B2O1B'1)	7617±514**	9134±200***	8865±144*	8865±143	8220±279*
2 (нет B2O1B'1)	6539±176	8130±172	8493±154	9063±61	7747±100

При рассмотрении показателей величины удоя во 2-й группе (по лучшим) животные с фенотипом G2Y2E'2Q' уступали коровам с ее отсутствием, причем по максимальной и ПЗЛ – достоверно. У животных же с наличием фенотипа B2O1B'1 наблюдалось явное (в большинстве случаев достоверное) превосходство над коровами, у которых нет ее, а также над животными с фенотипом G2Y2E'2Q. То есть у животных, достаточно хорошо раздоенных, с наличием данной фенотипа (B2O1B'1) отмечается даже по первой лактации преимущество перед другими животными по удою, на что можно обратить внимание при отборе коров и подборе производителей.

**Выводы.** Таким образом, в исследованиях установлено, что наибольшее количество животных с фенотипом G2Y2E'2Q' отмечается среди коров 2-й, 3-й, 4-й лактации – 28,9-34,8%, а с фенотипом B2O1B'1 – среди коров 1-й и 3-й лактации (21,5-17,6%). При сравнении показателей роста и развития животных достоверная разница была отмечена по возрасту первого осеменения – животных с наличием фенотипа B2O1B'1 осеменяли в среднем на 0,7 месяца раньше, чем животных с наличием фенотипа G2Y2E'2Q'.

При сравнении показателей удоя выявлено, что животные, имеющие сочетание антигенов B2O1B'1, как по удою за 1-ю лактацию, так и по средней продуктивности, достоверно превосходят животных с 1-й фенотипом.

Таким образом, можно предположить, что наличие у коров черно-пестрой породы фенотипа B2O1B'1 является возможным маркером увеличения молочной продуктивности (удоя).

Рекомендовать селекционерам хозяйств для дальнейшего исследования данного вопроса обратить внимание на наследование в стадах крупного рогатого скота черно-пестрой породы фенотипа B2O1B'1, а также проводить анализ молочной продуктивности животных с ее наличием, как возможного маркера увеличения молочной продуктивности (удоя).

## Литература

1. **Бахарчиев Ш.З.** Использование иммуногенетических маркеров для повышения эффективности селекции крупного рогатого скота Дагестана: дис... кандидата биологических наук. – Махачкала, 2010. – 102 с.
2. **Гридина С.Л., Ткаченко И.В., Гридин В.Ф.** Аллели групп крови и их взаимосвязи с молочной продуктивностью коров // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 6 (136). – С. 44–46.
3. **Ковалюк Н.В., Сацук В.Ф., Мичульская Е.В.** Использование генетических маркеров для повышения молочной продуктивности коров // Зоотехния. – 2008. – № 8. – С. 2–4.
4. **Гридина С.Л., Калугина Л.А.** Взаимосвязь молочной продуктивности с аллелями групп крови дочерей быков-производителей // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 3 (82). – С. 46–48.
5. **Букаров Н.Г., Лебедев Е.Ю., Морозов И.М.** Новый уровень познания маркерных генов групп крови скота // Молочное и мясное скотоводство. – 2005. – № 7. – С. 39 – 41.
6. **Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е.** Аллели EAV-локуса групп крови в селекции крупного рогатого скота по продуктивности // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2018. – № 1 (18). – С. 10-13.
7. **Кольцов Д.Н., Багиров В.А., Романов Ю.Д.** Результаты практического использования генетических маркеров-групп крови при изучении воспроизводительной способности крупного рогатого скота // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 1. – С. 54-57.
8. **Кривенцов Ю.М., Тяпугин С.Е., Хромова О.Л., Бургомистрова О.Н.** Роль систем групп крови в селекции крупного рогатого скота // Зоотехния. – 2006. – № 2. – С. 9-11.
9. **Перчун А.В., Лазебная И.В., Белокуров С.Г.** Особенности генетической структуры активной части популяции костромской породы крупного рогатого скота по ряду ДНК-маркеров // 70 лет костромской породе скота: сборник статей. — Караваево: Костромская ГСХА, 2014. — С. 107-112.
10. **Коптев В.В.** Молекулярно-генетические исследования ярославского скота // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. научн. трудов. – М., 2018. – № 20(68). – С. 79-87.

## Literatura

1. **Baharchiev SH.Z.** Ispol'zovanie immunogeneticheskikh markerov dlya povysheniya effektivnosti selekcii krupnogo rogatogo skota Dagestana: dis... kandidata biologicheskikh nauk. – Mahachkala, 2010. – 102 s.
2. **Gridina S.L., Tkachenko I.V., Gridin V.F.** Alleli grupp krovi i ih vzaimosvyazi s molochnoj produktivnost'yu korov // Agrarnyj vestnik Urala. – 2015. – № 6 (136). – S. 44–46.
3. **Kovalyuk N.V., Sacuk V.F., Michul'skaya E.V.** Ispol'zovanie geneticheskikh markerov dlya povysheniya molochnoj produktivnosti korov // Zootekhniya. – 2008. – № 8. – S. 2–4.
4. **Gridina S.L., Kalugina L.A.** Vzaimosvyaz' molochnoj produktivnosti s allelyami grupp krovi docherej bykov-proizvoditelej // Agrarnyj vestnik Urala. – 2011. – № 3 (82). – S. 46–48.
5. **Bukarov N.G., Lebedev E.YU., Morozov I.M.** Novyj uroven' poznaniya markernyh genov grupp krovi skota // Molochnoe i myasnnoe skotovodstvo. – 2005. – № 7. – С. 39 – 41.
6. **Dmitrieva V.I., Kol'cov D.N., Gontov M.E.** Alleli EAV-lokusa grupp krovi v selekcii krupnogo rogatogo skota po produktivnosti // Agrarnyj vestnik YUgo-Vostoka. – 2018. – № 1 (18). – S. 10-13.
7. **Kol'cov D.N., Bagirov V.A., Romanov YU.D.** Rezul'taty prakticheskogo ispol'zovaniya geneticheskikh markerov-grupp krovi pri izuchenii vosproizvoditel'noj sposobnosti krupnogo rogatogo skota // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 1. – S. 54-57.
8. **Krivencov YU.M., Tyapugin S.E., Hromova O.L., Burgomistrova O.N.** Rol' sistem grupp krovi v selekcii krupnogo rogatogo skota // Zootekhniya. – 2006. – № 2. – S. 9-11.
9. **Perchun A.V., Lazebnaya I.V., Belokurov S.G.** Osobennosti geneticheskoy struktury aktivnoj chasti populyacii kostromskoj porody krupnogo rogatogo skota po ryadu DNK-markerov // 70 let kostromskoj porode skota: sbornik statej. – Karavaevo: Kostromskaya GSKHA, 2014. – S. 107-112.
10. **Koptev V.V.** Molekulyarno-geneticheskie issledovaniya yarovskogo skota // Mnogofunkcional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sb. nauchn. trudov. – M., 2018. – № 20(68). – S. 79-87.

УДК 636.237.21.034.087.7

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14055

Канд. с.-х. наук **О.А. ВАГАПОВА**  
(ФГБОУ ВО Ю-УрГАУ, o.a.vag@mail.ru)  
Аспирант **Т.Ю. ШВЕЧИХИНА**  
(ФГБОУ ВО Ю-УрГАУ, tatyana\_shvechihina@mail.ru)

## ГЕМАТО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ АНИМИКС АЛЬФА

Обеспечение населения полноценными продуктами питания является главной задачей агропромышленного комплекса страны. При этом большое значение имеет повышение объемов производства молочной продукции и улучшение ее качества [1, 2]. Многочисленные научные исследования и практический опыт показали, что для максимальной реализации генетического потенциала молочной продуктивности необходимо обеспечивать полноценное, сбалансированное кормление животных [3, 4].

Обогащение рационов различными кормовыми добавками способствует нормализации обмена веществ, что приводит к улучшению биохимических, иммунологических, гематологических и продуктивных показателей животных [5]. При включении в рацион кормовых добавок необходимо осуществлять контроль за физиологическим состоянием животного. При этом наиболее достоверными являются показатели крови [7].

Кровь, представляя собой посредника во всех процессах обмена веществ и находясь в постоянном контакте со всеми органами и тканями, отражает все происходящие в них процессы, изменяясь сама как качественно, так и количественно [6]. Система крови в организме животных поддерживает температурный, кислотно-щелочной, клеточный гомеостаз, выполняя защитную, транспортную, трофическую, терморегуляторную и другие функции.

При исследовании крови как внутренней среды организма исследуют ее морфологический состав и биохимические свойства. Кровь здорового животного имеет достаточно постоянные состав и свойства. Однако они могут изменяться в связи с физиологическим состоянием организма, условиями кормления и содержания, а также зависит от пола, возраста и породности [7].

**Цель исследования** – установить физиологическое состояние коров-первотелок при использовании кормовой добавки Анимикс Альфа, содержащей кальций, фосфор, магний, серу, медь, цинк, марганец, кобальт, витамин А, Дз, Е.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования были проведены в ООО «Нижняя Санарка» Троицкого района Челябинской области. Объектом для исследования явились коровы-первотелки черно-пестрой породы. Животные были распределены в 4 группы по 10 голов в каждой: контрольная и три опытные группы.

Коровы контрольной группы (I) в период раздоя (90 дней) получали основной рацион, аналоги опытных групп (II, III, IV) в сочетании с основным рационом получали кормовую добавку Анимикс Альфа в количестве 50, 100, 150 г на голову соответственно [4].

**Результаты исследований.** Данные о биохимических и морфологических показателях крови представлены в табл. 1.

Анализируя табл. 1, можно сделать вывод, что исследуемые показатели крови находились в пределах физиологической нормы. Однако имеются некоторые особенности их изменения у животных разных групп. Так, в среднем за весь период исследования содержание сухого вещества в крови животных опытных (III, II и IV) групп было выше по сравнению с контрольной группой на 2,3; 2,7 и 4,1% ( $P < 0,05$ ). Наибольший показатель был выявлен у животных IV группы –  $11,40 \pm 0,01\%$ .



Таблица 1. Гемато-биохимические показатели животных ( $X \pm m_x$ ,  $n=10$ )

Период исследования	Группы			
	I	II	III	IV
<i>Сухое вещество, %</i>				
50	11,6±0,08	11,8±0,08	11,9±0,08*	11,7±0,06**
92	10,3±0,02	10,7±0,01	10,5±0,04*	11,1±0,01
В среднем	10,95±0,09	11,25±0,03	11,20±0,08	11,40±0,01*
Норма	8-10			
<i>Белок, %</i>				
50	8,32±0,01	8,49±0,05	8,67±0,02*	8,36±0,06**
92	7,26±0,05	7,56±0,03*	7,32±0,04	7,83±0,02**
В среднем	7,79±0,04	8,03±0,03*	8,0±0,01**	8,1±0,01
Норма	6,0-8,0			
<i>Альбумины, %</i>				
50	32,95±1,7	35,77±1,2	34,12±1,4*	33,44±1,5**
92	37,31±1,9	39,57±1,4	41,33±2,4**	43,87±1,9
В среднем	35,13±2,0	37,67±1,9*	37,73±1,7	38,66±1,4*
Норма	30-50			
<i>α-глобулины, %</i>				
50	14,28±0,9	16,15±1,0*	16,70±0,7*	15,63±0,7**
92	14,58±1,2	15,68±1,0	18,89±0,8*	19,02±0,9
В среднем	14,43±1,4	15,92±1,3	17,80±1,2	17,33±1,1*
Норма	12-20			
<i>β-глобулины, %</i>				
50	17,57±1,5	16,77±1,2	17,02±1,0	20,33±0,9*
92	13,65±1,1	15,01±1,5*	16,0±0,8**	19,58±1,2
В среднем	15,61±1,7	15,89±1,4	16,51±1,7*	19,96±1,4*
Норма	10-16			
<i>γ-глобулины, %</i>				
50	30,61±2,5*	32,16±2,1**	36,63±1,9	35,20±2,9*
92	26,19±2,3	29,78±2,6	30,85±2,4	33,35±2,5
В среднем	28,40±2,0	30,97±2,7	33,74±2,0*	34,28±2,4*
Норма	25-40			
<i>Мочевина, ммоль/л</i>				
50	2,50±0,001	2,40±0,006***	3,10±0,005**	3,0±0,009***
92	2,78±0,003	2,97±0,008**	3,11±0,003**	3,08±0,004**
В среднем	2,64±0,005	2,69±0,004*	3,11±0,002*	3,04±0,002**
Норма	3,3-6,7			
<i>Глюкоза, ммоль/л</i>				
50	3,02±0,007	3,14±0,008**	2,89±0,006**	3,21±0,005***
92	2,65±0,001	2,38±0,002**	2,53±0,004**	2,74±0,005***
В среднем	2,84±0,003	2,76±0,007**	2,71±0,003**	2,98±0,007**
Норма	2,22-3,33			
<i>Каротин, мг%</i>				
50	0,50±0,005	0,48±0,001*	0,56±0,004***	0,67±0,007**
92	0,27±0,007	0,39±0,008***	0,50±0,008***	0,40±0,004***
В среднем	0,39±0,004	0,44±0,004***	0,53±0,005**	0,54±0,008***
Норма	0,4-1,0			
<i>Резервная щелочность, об.%CO<sub>2</sub></i>				
50	52,3±2,4	55,30±3,4**	53,8±3,1	61,2±3,5*
92	53,8±2,9	53,80±3,2	59,73±2,8	59,73±3,1*
В среднем	53,05±2,7	54,55±2,8*	56,77±3,4**	60,47±2,6
Норма	46-66			

Продолжение таблицы 1

Гемоглобин, г/л				
50	96,8±4,1	98,9±3,4*	97,9±3,9	96,8±3,8*
92	95,5±4,6	94,2±3,9	99,8±4,7	101,4±4,6*
В среднем	96,15±4,9	96,55±4,6**	98,85±4,3*	99,10±4,7
Норма	90-120			
Эритроциты, $\times 10^{12}$				
50	5,87±0,05	5,80±0,03*	6,03±0,04**	6,11±0,07
92	5,80±0,04	6,40±0,08***	6,20±0,09	6,90±0,01*
В среднем	5,84±0,06	6,10±0,07	6,12±0,04	6,51±0,09
Норма	5,0-7,5			
Лейкоциты, $\times 10^3$				
50	9,24±0,04	9,26±0,09	10,33±0,04**	10,33±0,03**
92	6,7±0,06	6,9±0,04**	10,3±0,09	9,6±0,04*
В среднем	7,97±0,07	8,08±0,06**	10,32±0,01	9,97±0,08***
Норма	4,5-12,0			

Примечание: \* P&lt;0,05; \*\* P&lt;0,01; \*\*\* P&lt;0,001

Рассматривая среднее содержание белка в крови коров, можно отметить повышение содержания данного показателя у животных всех опытных групп (III, II и IV) на 2,7% (P<0,01), 3,0% (P<0,05) и 4,0% по сравнению с контрольной I группой. Наивысший показатель был обнаружен в крови коров IV группы и составил 8,1±0,01%, что больше на 0,9%, 1,3% и 4,0%, чем у животных II, III и I групп.

Повышение содержания белка в крови животных опытных групп связано с тем, что в состав кормовой добавки, получаемой животными, входят такие элементы, как кальций, магний, медь, кобальт, что также было доказано другими исследователями [6, 7, 8].

Максимальное содержание альбуминов наблюдалось в крови коров IV группы – 38,66±1,4%, что больше на 10,0%, 2,6%, 2,5%, чем у животных I, II и III групп. Наименьшее содержание альбуминов в крови было выявлено у коров I группы и составило 35,13±2,0%. Достоверный показатель отмечен в крови животных II и IV групп по сравнению с контрольной группой (P<0,05).

Данные изменения происходят из-за того, что кальций, входящий в состав добавки Анимикс Альфа, положительно влияет на содержание альбуминов в крови [8].

По содержанию  $\alpha$ -глобулинов в крови животные III группы имели превосходство по сравнению с животными IV, II и I групп на 2,7%, 11,8%, 23,4% соответственно. Наименьший показатель был обнаружен у коров I группы, что составило 14,43±1,4%. Достоверное увеличение содержания  $\alpha$ -глобулинов в крови наблюдалось у животных IV группы по сравнению с контрольной группой (P<0,05).

Анализируя содержание  $\beta$ -глобулинов в крови в среднем за весь период исследований, можно отметить минимальный показатель у животных I группы (15,61±1,7%), что меньше на 1,8%, 5,5 и 21,8% соответствующего показателя животных II, III и IV групп. Наивысшим содержанием  $\beta$ -глобулинов в крови отличались животные IV группы – 19,96±1,4%. Они превосходили коров III, II и I групп на 20,9%, 25,6% и 27,9% соответственно. У животных III и IV групп по сравнению с контрольной группой показатель был достоверным (P<0,05).

Наибольшее содержание в крови  $\gamma$ -глобулинов наблюдалось у коров IV группы (34,28±2,4%), что выше на 20,7%, 10,7% и 1,6%, чем у животных I, II и III групп. Низкая степень достоверности отмечалась у животных III и IV групп по сравнению с контрольной группой.

В среднем увеличение содержания мочевины у животных опытных (II, IV и III) групп было на 1,9% (P<0,05), 15,2% (P<0,05) и 17,8% (P<0,01). Наивысшее значение показателя было выявлено в крови коров III группы и составило 3,11±0,002 ммоль/л.

По уровню глюкозы в крови все животные имели значения в пределах физиологической

нормы. Однако некоторое превосходство по данному показателю имели животные IV группы. У животных этой группы он составил  $2,98 \pm 0,007$  ммоль/л, что больше, чем у аналогов I, II и III групп, на 7,0%, 8,0% и 10,0%. В крови коров III группы было отмечено наименьшее содержание глюкозы и составило  $2,71 \pm 0,003$  ммоль/л. У животных опытных групп обнаружена средняя степень достоверности по сравнению с контрольной группой.

По среднему содержанию каротина в крови за весь период исследования выделялись животные IV группы. Данный показатель составил  $0,54 \pm 0,008$  мг%, что выше на 1,9; 22,7 и 38,5%, чем у сверстниц III, II, I групп. У животных I группы данный показатель был на уровне  $0,39 \pm 0,004$  мг% и снижался по сравнению с животными II, III и IV групп на 11,4%, 26,4% и 27,8% соответственно.

Увеличение каротина в крови коров, получавших кормовую добавку, связано с тем, что в ее состав входит медь и кобальт, оказывающие положительное влияние на динамику данного показателя [10].

Изучая средний уровень резервной щелочности в крови исследуемых коров, видно, что он находился в пределах физиологической нормы. Однако было отмечено его увеличение у животных опытных (II, III и IV) групп на 2,8% ( $P < 0,05$ ), 7,0% ( $P < 0,01$ ) и 14,0% соответственно. В крови коров IV группы был выявлен наибольший показатель и составил  $60,47 \pm 2,6$  об.%CO<sub>2</sub>.

Это связано с тем, что кальций и фосфор, входящие в состав кормовой добавки, участвуют в регуляции кислотно-щелочного равновесия, улучшая данный показатель [8].

В среднем за весь период исследований наибольшее содержание гемоглобина прослеживалось в крови коров IV группы –  $99,10 \pm 4,7$  г/л. Разность по данному показателю у животных III, II и I групп была на 0,3; 2,6 и 3,1%. Минимальный показатель наблюдался у животных I группы и составил  $96,15 \pm 4,9$  г/л. Прослеживалось увеличение содержания гемоглобина в крови коров II, III и IV групп по сравнению с контрольной группой на 0,4% ( $P < 0,01$ ), 2,8% ( $P < 0,05$ ), 3,1% ( $P < 0,05$ ).

Данные изменения объясняются тем, что в состав добавки входят такие элементы, как медь, кобальт, марганец и кальций, которые являются катализаторами при образовании гемоглобина крови и, следовательно, положительно влияют на повышение данного показателя [7, 8, 9, 10].

Содержание эритроцитов в крови коров I (контрольной) группы снизилось по сравнению с животными II, III и IV групп на 4,3%, 4,6%, 10,3% соответственно. Наивысший показатель был выявлен в крови коров IV группы ( $6,51 \pm 0,09 \times 10^{12}$ ).

Увеличение содержания эритроцитов в крови можно связать с наличием в составе добавки кобальта, меди, марганца. Данные элементы являются важными возбудителями процессов образования эритроцитов. Минимальное содержание лейкоцитов в крови было установлено у животных I группы ( $7,97 \pm 0,07 \times 10^9$ ), что меньше на 1,4% ( $P < 0,01$ ), 20,1% ( $P < 0,001$ ) и 22,8% соответствующего показателя животных II, IV и III групп. Животные III группы характеризовались наибольшим содержанием лейкоцитов в крови –  $10,32 \pm 0,01 \times 10^9$ .

**Вывод.** Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что витамины и минеральные вещества, входящие в состав кормовой добавки Анимикс Альфа, активизируют ферментативную систему и запускают обмен веществ в организме, что способствует улучшению гематологических показателей и подтверждается более высоким уровнем молочной продуктивности животных опытных групп. Поэтому мы рекомендуем использовать данную добавку в количестве 150 г на голову в сутки.

### Литература

1. **Быкова О.А., Вдовина Н.Н.** Влияние разных доз Сапроверма «Энергия Еткуля» на молочную продуктивность и состав молока коров // Вестник АПК Верхневолжья . – 2013. – № 2 (22). – С. 86-88.

2. **Исхакова Н.Ш., Миронова И.В.** Влияние добавки «Биогумитель-Г» на пищевую и энергетическую ценность коровьего молока // Химия в сельском хозяйстве: матер. Всерос. науч.-практ. конф. для студентов и аспирантов. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. – С. 245-248.
3. **Гиберт К.В., Вагапова О.А.** Физико-химические показатели молока коров черно-пестрой породы при использовании кормовых добавок Просид и Минерал Актив // Инновационные пути импортозамещения продукции АПК: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2015. – С. 20-24.
4. **Швечихина Т.Ю., Вагапова О.А.** Молочная продуктивность коров черно-пестрой породы при использовании кормовой добавки Анимикс Альфа // Биотехнологии – агропромышленному комплексу России: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. – С. 250-255.
5. **Симонян Г.А., Хисамутдинов Ф.Ф.** Ветеринарная гематология. – М.: Колос, 1995. – 254 с.
6. **Зайнуков Р., Миронова И.В., Тагиров Х.Х.** Гематологические показатели коров-первотелок бестужевской породы при использовании алюмосиликата глауконита // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – С. 111-113.
7. **Кабыш А.А.** Нарушение фосфорно-кальциевого обмена у животных на почве недостатка и избытка микроэлементов в зоне Южного Урала. – Челябинск: Челябинский Дом печати, 2006. – 408 с.
8. **Венедиктов А.М.** Кормовые добавки. – М.: Агропромтздат, 1992. – 192 с.
9. **Беренштейн Ф.Я.** Микроэлементы в физиологии и патологии животных. – Минск: Урожай, 1966. – 58 с.
10. **Демидюк А.А.** Влияние восполнения дефицита меди, кобальта и йода в рационах на обменные процессы и молочную продуктивность коров: автореф. дис... канд. биол. наук. – Львов, 1984. – 22 с.

#### Literatura

1. **Bykova O.A., Vdovina N.N.** Vliyanie raznykh doz Saproverma «Energiya Etkulya» na molochnuyu produktivnost' i sostav moloka korov // Vestnik APK Verkhnevolzh'ya. – 2013. – № 2 (22). – S. 86-88.
2. **Iskhakova N.SH., Mironova I.V.** Vliyanie dobavki «Biogumitel'-G» na pishchevuyu i energeticheskuyu cennost' korov'ego moloka // Himiya v sel'skom hozyajstve: mater. Vseros. nach.-prakt. konf. dlya studentov i aspirantov. – Ufa: Bashkirskij GAU, 2014. – S. 245-248.
3. **Gibert K.V., Vagapova O.A.** Fiziko-himicheskie pokazateli moloka korov cherno-pestroy porody pri ispol'zovanii kormovykh dobavok Prosid i Mineral Aktiv // Innovacionnye puti importozameshcheniya produkcii APK: mater. mezhdunar. nach.-prakt. konf. – Krasnodar, 2015. – S. 20-24.
4. **Shvechikhina T.Yu., Vagapova O.A.** Molochnaya produktivnost' korov cherno-pestroy porody pri ispol'zovanii kormovoy dobavki Animiks Al'fa // Biotekhnologii – agropromyshlennomu kompleksu Rossii: mater. mezhdunar. nach.-prakt. konf. – Chelyabinsk: FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2017. – S. 250-255.
5. **Simonyan G.A., Khisamutdinov F.F.** Veterinarnaya gematologiya. – M.: Kolos, 1995. – 254 s.
6. **Zaynukov R., Mironova I.V., Tagirov Kh.Kh.** Gematologicheskie pokazateli korov-pervotelok bestuzhevskoy porody pri ispol'zovanii alyumosilikata glaukonita // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2008. – S. 111-113.
7. **Kabysh A.A.** Narushenie fosforno-kal'tsievogo obmena u zhivotnykh na pochve nedostatka i izbytkha mikroelementov v zone Yuzhnogo Urala. – Chelyabinsk: Chelyabinskij Dom pečati, 2006. – 408 s.
8. **Venediktov A.M.** Kormovye dobavki. – M.: Agropromtztat, 1992. – 192 s.
9. **Berenshteyn F.Ya.** Mikroelementy v fiziologii i patologii zhivotnykh. – Minsk: Urozhay, 1966. – 58 s.
10. **Demidyuk A.A.** Vliyanie vospolneniya deficita medi, kobal'ta i joda v racionah na obmennye processy i molochnuyu produktivnost' korov: avtoref. dis... kand. biol. nauk. – L'vov, 1984. – 22 s.

УДК 575.174.015

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14060

Канд. биол. наук **М.Г. СМАРАГДОВ**  
(ВНИИГРЖ, mik7252@yandex.ru)

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ РАЗЛИЧИЙ ГОЛШТИНСКИХ КОРОВ В СТАДАХ МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И ИНДЕКСОМ ФИКСАЦИИ С. РАЙТА

Значительная генетическая изменчивость является основой для выживания и сохранения популяций животных [1]. Генетическая вариация проявляется благодаря аллельной изменчивости и гетерозиготности по всему геному. Для селекции необходимо знать степень генетической вариации в стадах крупного рогатого скота и в популяции в целом. Молекулярные генетические данные способствуют отслеживанию генетического разнообразия в популяциях крупного рогатого скота и используются в геномной селекции [2]. Следует отметить, что знание генетического разнообразия также важно при консервации малочисленных пород животных и межпородном скрещивании [3, 4]. Для этой цели современные технологии позволяют использовать полиморфизм однонуклеотидных замен (SNP) [5].

В настоящее время существует несколько методов для определения генетического разнообразия в популяциях. К ним относится метод главных компонент (РСА) [6] и индекс фиксации С. Райта ( $F_{st}$ ) [7]. В методе РСА рассчитывают собственные векторы, исходя из ковариационной матрицы генотипов животных. Они создают линейную комбинацию генотипов, которая эффективно дифференцирует выборки животных и при этом не требуется априорная информация. В сороковые годы XX века С. Райт предложил индекс фиксации  $F_{st}$  для измерения генетических различий между популяциями [7]. Этот метод оказался плодотворным для популяционной генетики. В нашем исследовании была использована статистика Хадсона [8]. Она не чувствительна к численности популяций, не переоценивает  $F_{st}$  и точна и стабильна при неслучайной выборке.

**Цель исследования** – провести сравнительный анализ генетических различий коров в стадах голштинизированного черно-пестрого скота Ленинградской области, измеренных  $F_{st}$  и РСА методами, и оценить мощность обоих методов.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В исследовании генотипированы 372 коровы из 6 племенных заводов голштинизированного черно-пестрого скота Ленинградской области. В выборку входило 45 – 85 коров, что составило 8 – 15% от численности коров в стаде. Генотипирование коров осуществили чипом BovineSNP50 v.2.0 (Illumina Inc.) в Ирландии (Co. Kildare, Ireland). Контроль качества генотипированных коров был выполнен программным пакетом PLINK 1.9 [8]. При этом учитывали только аутосомы. В исходной выборке были удалены SNPs, отсутствующие в геноме коров не более 5% и с отклонением от распределения Харди-Вайнберга при  $P < 1.0E-03$ . В результате контроля качества количество SNPs составило 48101.

Вычисление  $F_{st}$  было выполнено программой EIGENSOFT 6.0.1 [9], в которой использована статистика Хадсона [7]. Стандартные ошибки значений  $F_{st}$  вычислены методом block-jackknife в программе EIGENSOFT 6.0.1. Для оценки достоверности значений  $F_{st}$  была проведена случайная перестановка генотипов коров в каждой из 30 пар стад и вычислены значения  $F_{st}$ , которые следует рассматривать как  $H_0$  распределение, то есть распределение, удовлетворяющее  $H_0$  гипотезе. Была использована команда `-make-phenos` и `-fitter-mfiter 5` в PLINK для получения пяти случайных перестановок генотипов коров в каждой из 6 пар стад. Далее для каждой пары стад вычисляли 5 значений  $F_{st}$  и среднее значение  $F_{st}$ . Средние значения рассматривались как удовлетворяющие  $H_0$  распределению. Достоверность значений  $F_{st}$  рассчитывали с помощью одностороннего  $t$  – критерия Стьюдента. Мощность  $t$  – критерия вычисляли программой powerAnalysis в R программном обеспечении [10].

При анализе данных методом PCA использовали программу EIGENSOFT 6.0.1. Методом ANOVA были вычислены P-значения для 30 комбинаций из 6 пар стад и каждого собственного вектора (PC). Распределение P-значений ANOVA соответствовало  $\chi^2$  со степенью свободы число собственных векторов минус 1. Исходя из  $\chi^2$  распределения, были рассчитаны P-значения для суммированных PC 1-10, PC 1- 20 и 100 собственных векторов. Для PC 1, PC 3 были рассчитаны средние значения стад вдоль каждого собственного вектора, и они представлены на рисунке при помощи R программного обеспечения [9]. Мощность PCA анализа для суммированных PC 1-100 вычисляли программой powerAnalysis в R программном обеспечении [10].

**Результаты исследований.** Данные Fst анализа представлены в табл. 1. Значения Fst для стада 4, как правило, имели наибольшие величины по сравнению со значениями Fst для других стад. Генетическое отличие коров из четвертого стада обусловлено использованием быков – производителей из Голландии, тогда как в других стадах быки – производители были преимущественно из США и Канады. Для стада 3 наблюдается тенденция меньших по сравнению с другими стадами (кроме пары стадо 3 и 4) значений Fst, что свидетельствует о генетической близости коров из этого стада с коровами из других стад. Важно отметить, что генетические различия между породами крупного рогатого скота, идентифицируемые индексом фиксации, как правило, более 0.01 [11]. Имея  $H_0$  распределение Fst и экспериментально полученные значения Fst (табл. 1), можно с помощью t – критерия Стьюдента вычислить достоверность оценочных значений Fst. Результаты приведены в табл. 2. Суммируя результаты вычисления достоверности Fst данных, можно утверждать о высоком ее уровне.

Таблица 1. Оценка значений  $F_{st}$  для 6 стад коров

Стадо	1	2	3	4	5	6
1		0.005	0.005	0.006	0.006	0.004
2	0.0002		0.004	0.012	0.006	0.006
3	0.0003	0.0001		0.009	0.003	0.004
4	0.0004	0.0000	0.0001		0.009	0.004
5	0.0004	0.0002	0.0002	0.0001		0.005
6	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0003	

Fst данные расположены над диагональю. Fst данные для  $H_0$  распределения расположены под диагональю

Таблица 2. Оценки достоверности генетических различий между стадами коров (P – значения)

Стадо_Стадо	PC 1	PC 3	Суммированы 10 собственных векторов	Суммированы 20 собственных векторов	Суммированы 100 собственных векторов	P-значения для $F_{st}$
1 2	0.0031	1.6E-05	4.2e-07	1.5e-11	3.0e-15	4.1e-49
1 3	0.0444	0.0017	0.0002	1.3e-09	9.8e-18	3.3e-47
1 4	0.0029	0.0598	5.6e-05	4.6e-07	2.8e-10	3.54e-32
1 5	0.8517	0.0007	0.0289	6.6e-11	7.2e-17	3.4e-40
1 6	0.6751	0.6948	0.0504	7.81e-05	1.0e-13	8.6e-25
2 3	0.1539	0.0798	3.34e-06	6.7e-06	2.0e-14	3.5e-29
2 4	1.0e-09	1.8e-08	6.52e-17	9.9e-21	3.3e-24	1.2e-54
2 5	0.0033	0.7395	0.0001	1.6e-06	3.3e-18	5.2e-59
2 6	0.0007	6.1E-06	8.58e-7	8.2e-10	2.2e-16	4.0e-58
3 4	1.0e-08	2.4e-06	6.19e-13	1.80e-16	1.5e-21	1.7e-51
3 5	0.0486	0.2529	0.0063	0.0019	2.9e-13	2.6e-26
3 6	0.0109	0.0006	0.0004	6.4e-06	5.0e-12	3.6e-40
4 5	0.0006	5.0e-06	2.48e-07	2.8e-11	8.2e-17	1.7e-51
4 6	0.0099	0.1422	0.0949	0.1570	2.8e-12	4.6e-23
5 6	0.5239	0.0003	0.0013	1.1e-05	5.1e-15	4.3e-29

Таблица 3. Генетическое сходство стад коров, выявленное РС 1 and РС 3

Стадо	1	2	3	4	5	6
1					+	+
2			+			
3		+				+
4	+					
5		+	+			+
6	+			+		

+ - обозначает недостоверное различие между парами стад коров при  $P \geq 0.05$ . Данные для РС 1 над диагональю и для РС 3 под диагональю

Таблица 4. Генетическое сходство стад коров, выявленное суммированием данных РС 1 – 10 and РС 1 – 20

Стадо	1	2	3	4	5	6
1						+
2						
3						
4						+
5						
6	+				+	

+ - обозначает над диагональю недостоверное различие между парами стад коров при  $P \geq 0.05$  для суммы данных РС 1-10, под диагональю между парами стад при  $P \geq 1.0e-05$  для суммы данных РС 1-20

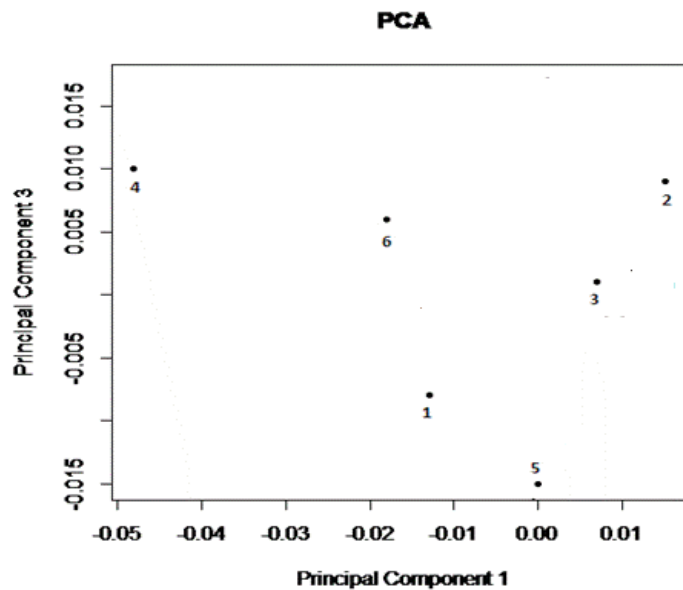


Рис. Расположение средних значений для стад коров, выявленных РС 1 and РС 3

#### PCA анализ

Собственные значения для 100 векторов, вычисленные из ковариационной матрицы SNPs аллелей у 372 коров, монотонно уменьшались от 9.5 до нуля. Это свидетельствует о том, что структура ковариационной матрицы однородна без экстремальных ковариационных блоков аллелей.

Для статистического описания генетических различий между стадами были использованы P-значения для каждой пары стад, полученные при вычислении средних значений для стад, вдоль РС 1 и РС 3. Взаимное расположение средних значений стад вдоль РС 1 и РС 3 представлено на рисунке. Для оценки достоверности генетических различий между 6 стадами PCA методом в табл. 3 представлены данные, полученные из табл. 2, для РС 1 при  $P \geq 0.05$ . В ней недостоверные генетические различия для пар стад обозначены знаком (+). Среди 30 пар стад генетические различия для 5 пар стад были недостоверны: 1 и 5, 6; 2 и 3; 3 и 6; 5 и 6.

Такая же процедура была выполнена для PCA 3 (табл. 4). Среди всех 30 пар стад 6 сочетаний пар стад были недостоверны: 1 и 4, 6; 2 и 3, 5; 3 и 5; 4 и 6. Из данных в табл. 3 следует, что генетические различия между стадами, выявленные РС 1 и РС 3, различны. Так, для РС 3 пары 1 и 4; 2 и 5; 4 и 6 были недостоверны, тогда как для РС 1 они были достоверны. С другой стороны, пары 3 и 6; 5 и 6 были достоверны для РС 3, но недостоверны для РС 1. Таким образом, было бы некорректно делать выводы о генетических различиях между стадами, основываясь на отдельных собственных векторах.

Также был оценен уровень достоверности PCA метода при суммировании данных 10-ти собственных векторов. Соответствующие P-значения приведены в табл. 2 и недостоверные сочетания пар стад, обозначенные (+) при  $P \geq 0.05$ , приведены в табл. 4. Всего только две пары стад были недостоверными: 1 и 6; 4 и 6. Таким образом, использование десяти собственных векторов приводит к более достоверным данным. Для проверки изменения уровня достоверности при суммировании собственных векторов были вычислены P - значения при суммировании данных двадцати собственных векторов (табл. 4). Оказалось, что для отсекающего уровня достоверности  $P \geq 0.05$  недостоверных пар стад не было. Для уровня достоверности  $P \geq 1.0e-05$  только пары стад 1 и 6; 5 и 6 были недостоверны.

Подводя итог, следует заключить, что суммирование данных собственных векторов приводит к увеличению уровня достоверности генетических различий между стадами. Для включения всей вариации PCA анализа необходимо вычислить P-значения при суммировании данных от 100 собственных векторов (табл. 2). Оказалось, что только пара стад 4 и 6 имели наименьший уровень достоверности  $P = 2.8e-12$ . Эта пара стад также имела наименьший уровень достоверности  $P = 4.6e-23$  из Fst данных (табл. 2).

В табл. 2 приведены данные P- значений для всего парного набора стад, вычисленные PCA и Fst методами. В соответствии с этими данными для суммированных 100 собственных векторов P- значения были меньше, чем для PC 1, PC 3 и суммированных десяти и двадцати собственных векторов. Этот результат был следствием использования всей вариации в случае 100 собственных векторов. Сравнение P – значений вычисленных PCA и Fst методами свидетельствует о том, что P - значения для Fst метода на много порядков меньше, чем P - значения для PCA метода. Мощность PCA анализа для всех 30 пар стад была 0.8 – 1.0, и для Fst анализа 0.9 – 1.0. Учитывая на несколько порядков меньшие P – значения для Fst метода по сравнению с PCA, можно утверждать, что Fst метод дает более достоверные результаты при той же мощности статистического анализа, как у PCA.

**Выводы.** Несмотря на генетическое сходство коров в стадах, Fst и PCA методы способны выявлять междустадные генетические различия. Но PCA метод, примененный к стадам коров, может быть эффективным только в том случае, если были использованы данные от нескольких собственных векторов. Полученные данные свидетельствуют о том, что индекс фиксации является более статистически мощным методом, чем PCA. Однако PCA метод может быть полезным благодаря визуализации различий коров в стадах в системе PC координат. Таким образом, именно метод индекса фиксации должен быть использован в начале исследований по выявлению генетических различий между стадами, популяциями и породами сельскохозяйственных животных.

*Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования России, тема № АААА-А18-118021590138-1.*

### Литература

1. **Olson-Manning C.F., Wagner M.R., Mitchell-Olds T.** Adaptive evolution: evaluating empirical support for theoretical predictions // Nature Review Genetics. – 2012. – V. 13. – P. 867-877.
2. **Смарагдов М.Г.** Геномная селекция молочного скота. Пять лет практического использования // Генетика. – 2013. – Т. 49. – № 11. – С. 1251–1260.
3. **de Cara M.A, Villanueva B, Toro M.A, Fernandez J.** Using genomic tools to maintain diversity and fitness in conservation programmes // Molecular Ecology. – 2013. – V. 22. – P. 6091–6099.
4. **Engelsma K.A, Veerkamp R.F, Calus M.P, Windig J.J.** Consequences for diversity when animals are prioritized for conservation of the whole genome or of one specific allele // J. Anim. Breed. Genet. 2014. – V. 131(1). – P. 61-70.
5. **Schaid D.J., Chen W., Larson N.B.** From genome-wide associations to candidate causal variants by statistical fine – mapping // Nature Review Genetics. – 2018. – V. 19. – P. 491-504.



6. **Patterson N, Price A.L, Reich D.** Population structure and eigenanalysis // *PLoS Genetics*. – 2006. – 2. e190.
7. **Wright S.** The genetical structure of populations//*Annals of Eugenics*. – 1949. – V. 15. – P. 323-354.
8. **Hudson R.R., Slatkin M., Maddison W.P.** Estimation of level of gene flow from DNA sequence data // *Genetics*. – 1992. – V. 132. – P. 583-589.
9. **Purcell S, Neale B, Todd-Brown K, Thomas L, Ferreira M.A, Bender D, et al.** PLINK: a tool set for whole genome association and population based linkage analyses // *Am. J. Hum. Genet.* 2007. – V. 81. – P. 559–575.
10. **R Development Core Team R:** a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing. Viena. <http://www.R-project.org>
11. **Smaragdov M.G., Kudinov A. A., Uimari P.** Assessing the genetic differentiation of Holstein cattle herds in the Leningrad region using  $F_{st}$  statistics // *Agricultural and Food Science*. – 2018. – V. 27. – P. 96-101.

### Literatura

1. **Olson-Manning C.F., Wagner M.R., Mitchell-Olds T.** Adaptive evolution: evaluating empirical support for theoretical predictions // *Nature Review Genetics*. – 2012. – V. 13. – P. 867-877.
2. **Smaragdov M.G.** Genomnaya selektia molochnogo skota. Pyat let prakticheskogo ispolzovanya // *Genetika*. – 2013. – T. 29. – № 11. – S. 1251–1260.
3. **de Cara M.A, Villanueva B, Toro M.A, Fernandez J.** Using genomic tools to maintain diversity and fitness in conservation programmes // *Molecular Ecology*. – 2013. – V. 22. – P. 6091–6099.
4. **Engelsma K.A, Veerkamp R.F, Calus M.P, Windig J.J.** Consequences for diversity when animals are prioritized for conservation of the whole genome or of one specific allele // *J. Anim. Breed. Genet.* 2014. – V. 131(1). – P. 61-70.
5. **Schaid D.J., Chen W., Larson N. B.** From genome-wide associations to candidate causal variants by statistical fine – mapping // *Nature Review Genetics*. – 2018. – V. 19. – P. 491-504.
6. **Patterson N, Price A.L, Reich D.** Population structure and eigenanalysis // *PLoS Genetics*. – 2006. – 2. e190.
7. **Wright S.** The genetical structure of populations // *Annals of Eugenics*. – 1949. – V. 15. – P. 323-354.
8. **Hudson R.R., Slatkin M., Maddison W.P.** Estimation of level of gene flow from DNA sequence data // *Genetics*. – 1992. – V. 132. – P. 583-589.
9. **Purcell S, Neale B, Todd-Brown K, Thomas L, Ferreira M.A, Bender D, et al.** PLINK: a tool set for whole genome association and population based linkage analyses // *Am. J. Hum. Genet.* 2007. – V. 81. – P. 559–575.
10. **R Development Core Team R:** a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing. Viena. <http://www.R-project.org>
11. **Smaragdov M.G., Kudinov A. A., Uimari P.** Assessing the genetic differentiation of Holstein cattle herds in the Leningrad region using  $F_{st}$  statistics // *Agricultural and Food Science*. – 2018. – V. 27. – P. 96-101.

УДК 636.2.034

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14065

Доктор с.-х. наук **С.Л. САФРОНОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАВМ, safronovsl@list.ru)Канд. экон. наук **О.А. ДАВЫДОВА**  
(ФГБОУ ВО ЧелГУ, oa\_davydova@mail.ru)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ КОРОВ КАК ФАКТОР УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

В промышленных условиях производства молока в связи с интенсификацией молочного скотоводства повышаются и расширяются требования к животным [1, 2, 3, 4]. Селекционеры наряду с молочной продуктивностью, пригодностью к машинному доению учитывают и другие качественные показатели коров, а именно приспособленность к местным условиям, продолжительность продуктивного и племенного использования и другие. Одним из важных факторов является возраст животного, поскольку по мере общего роста и развития всего организма, особенно молочной железы, возрастает и молочная продуктивность животных, а затем по достижении определенного максимума, с наступлением старения организма, она снижается. В среднем максимальная продуктивность у коров проявляется между 5-8 годами, после чего постепенно убывает в связи с общим старением организма, и особенно с ухудшением физиологии вымени [5, 6].

Продолжительность продуктивного использования коровы в стаде напрямую влияет на прибыльность молочного производства, снижает затраты на ремонт и увеличивает количество лактаций высокопродуктивных животных, позволяет лучше организовать и провести селекционную работу со стадом, повысить эффективность ведения отрасли скотоводства [7, 8, 9, 10].

**Цель исследования** – определить эффективность производства молока при оптимизации продуктивного долголетия коров в племенных предприятиях Новгородской области.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования были проведены в племенных репродукторах Новгородской области: ООО «Передольское» (Батецкий район) и ОАО «Ермолинское» (Новгородский район). Сельскохозяйственные предприятия входят в перечень ведущих животноводческих предприятий региона, специализирующихся на разведении скота черно-пестрой породы. Условия кормления и содержания крупного рогатого скота являются типичными для большинства хозяйств Новгородской области. Для исследований были использованы материалы зоотехнического и племенного учета продуктивности крупного рогатого скота за последнюю законченную лактацию.

Система содержания крупного рогатого скота в племенном репродукторе ООО «Передольское» – круглогодовая стойловая, способ содержания – привязный. Доеение коров осуществляется в стойлах на линейной доильной установке DeLaval со сбором молока в молокопровод.

Коровы располагаются в стойловом помещении по технологическим группам в зависимости от физиологического состояния. Стойловое помещение типового проекта с ограждающими конструкциями из бетона. Система навозоудаления включает скребковую установку с системой наклонных транспортеров. Кормление дойных коров концентрированными кормами осуществляется в соответствии с уровнем продуктивности во время доения. Раздача грубых и сочных кормов осуществляется кормораздатчиком. Поение животных осуществляется из поилок чашечного типа, смонтированных в стойлах, из расчета одна поилка на две головы.

По принятой технологии в ОАО «Ермолинское» система содержания скота – стойлово-пастбищная. В 2007 г. в хозяйстве были реконструированы две фермы на 288 гол. со встроенным доильным залом. В ходе проведенной модернизации в 2009 г. на молочно-

товарной ферме племенного репродуктора «Ермолинское» на 300 гол. введен в эксплуатацию доильный зал типа «Елочка 2x8» фирмы Polanes (Израиль), который рассчитан на 16 скотомест (по 8 в ряду). Доильная площадка оснащена оборудованием, которое обладает множеством расширенных функций (имеются дисплей показаний удоя, модернизированные программы пульсации с автоматической стимуляцией вымени, оповещение о сбросе доильного аппарата). Система полностью контролирует процесс доения с момента подсоединения оператором доильного аппарата и до снятия по завершении доения. Модернизация фермы позволила увеличить количество скотомест, перейти на беспривязное содержание животных, улучшить культуру производства, а также значительно снизить затраты на производство молока. В 2011 г. реконструирована ферма на 145 гол. беспривязного содержания молодняка крупного рогатого скота.

Распределение животных на ферме проводится согласно технологическим группам. Помещения ферм неотопливаемые, стены – бетонные, навозоудаление – скреперная установка. Кормление коров осуществляется кормораздатчиком с кормового прохода, который разделяет ферму на две равные части. Поение животных осуществляется из групповых поилок.

В обоих хозяйствах длительный период времени осуществляется совершенствование продуктивных качеств черно-пестрой породы за счет использования быков-производителей голштинской породы. На момент проведения исследований кровность по голштинской породе в среднем по стаду составляла в ООО «Передольское» 43%, а в ОАО «Ермолинское» – 35%.

Объектом исследований было поголовье коров с законченной лактацией в исследуемых предприятиях: в ООО «Передольское» – 1044 гол., в ОАО «Ермолинское» – 625 гол. Молочную продуктивность коров за каждую лактацию и в среднем по группе оценивали по удою за 305 дней лактации (кг), массовой доли жира и белка (%), живой массе (кг), коэффициенту молочности (удой за 305 дней лактации в расчете на 100 кг живой массы коровы) (кг).

Экономическую эффективность производства молока при разных технологиях за счет увеличения срока продуктивного долголетия коров оценивали по показателям: себестоимость 1 ц молока, уровень рентабельности, которые были определены по общепринятым методикам.

**Результаты исследований.** Молочная продуктивность коров оказывает влияние на продолжительность их использования в стаде, а также позволяет оценить продуктивный потенциал животных в сложившихся хозяйственных условиях. Селекционная работа в стаде молочного скота предусматривает проведение сравнительного анализа продуктивности коров по каждой лактации. Сравнительная характеристика молочной продуктивности коров разного возраста в стаде ООО «Передольское» представлена в табл. 1.

Таблица 1. Молочная продуктивность коров разного возраста в ООО «Передольское» ( $X \pm Sx$ )

Лактация	n	Показатель				
		удой за 305 дней, кг	МДЖ, %	МДБ, %	живая масса, кг	коэффициент молочности, кг
1-я	449	7433,5±65,5	3,55±0,01	3,03±0,01	456,7±10,4	1417,2±12,2
2-я	303	8130,1±81,9	3,49±0,02	3,01±0,01	492,2±5,8	1543,9±21,8
3-я	134	7811,3±80,4	3,51±0,01	3,03±0,01	510,6±8,0	1431,5±15,6
4-я	52	6730,4±124,2	3,46±0,02	3,02±0,01	523,0±12,8	1213,8±32,0
5-я	42	4816,9±161,9	3,49±0,02	3,02±0,02	529,9±6,2	983,1±66,2
6-я	21	3915,4±259,1	3,62±0,02	3,03±0,01	536,4±6,8	704,4±54,7
7-я	21	3780,9±212,0	3,81±0,02	3,01±0,02	525,1±3,3	731,0±72,0
8-я и старше	22	3231,2±411,4	3,81±0,01	3,03±0,01	501,0±7,2	654,1±93,4
В среднем по группе	1044	7246,4±78,1	3,55±0,01	3,03±0,01	487,0±16,8	1414,5±18,4

Анализ данных табл. 1 показал, что в сложившихся хозяйственных условиях максимальная продолжительность продуктивного долголетия составила 10 отелов. Поголовье полновозрастных коров в хозяйстве составило 28,0%, в том числе 15,1% – старше 3-х отелов. Основное поголовье коров в исследуемой группе (72,0%) – в возрасте 1 и 2 отелов.

Молочная продуктивность коров изменялась с увеличением их возраста. Так, удой от 1-й ко 2-й лактации увеличился на 9,4% с последующим уменьшением до 8-й лактации и старше на 3,4-50,6%. Удой коров в возрасте 10-ти отелов составил 38,6% от среднего удоя по группе и 37,7% – от продуктивности коров-первотелок.

Массовая доля жира в молоке коров разного возраста колебалась от 3,46 до 3,90%, при этом на содержание белка в молоке возраст животных оказал незначительное влияние.

Использование в стаде быков–производителей голштинской породы оказало влияние на величину удоя и производство молока в расчете на живую массу коров. Рассчитанный коэффициент молочности в среднем по группе составил 1414,5 кг, что соответствует величине признака голштинизированного скота. У коров в возрасте 2-х лактаций значение коэффициента было максимальным и превосходило средний показатель по группе на 9,1%. Особи в возрасте 8-ми лактаций и старше уступали среднему показателю по группе на 53,8%.

Сравнительный анализ молочной продуктивности коров разного возраста в стаде ОАО «Ермолинское» представлен в табл. 2.

Таблица 2. Молочная продуктивность коров разного возраста в ОАО «Ермолинское» ( $X \pm S_x$ )

Лактация	n	Показатель				
		удой за 305 дней, кг	МДЖ, %	МДБ, %	живая масса, кг	коэффициент молочности, кг
1-я	308	5234,2±84,4	3,81±0,01	3,20±0,01	487,3±2,5	1021,1±17,3
2-я	174	5483,6±45,1	3,83±0,01	3,20±0,01	521,1±2,1	976,7±27,3
3-я	56	5176,1±95,1	3,83±0,01	3,20±0,01	535,0±2,3	949,3±56,2
4-я	14	4955,3±176,8	3,81±0,02	3,19±0,01	555,8±3,3	893,4±70,9
5-я	17	4926,2±133,7	3,82±0,01	3,20±0,01	541,1±7,1	909,1±38,5
6-я	14	5069,6±120,3	3,87±0,03	3,21±0,01	544,6±5,8	931,1±76,5
7-я	14	5053,1±106,4	3,72±0,02	3,09±0,02	544,1±8,6	914,8±58,7
8-я	12	4770,3±99,8	3,85±0,03	3,17±0,01	547,3±6,0	871,7±69,4
9-я и старше	16	5334,6±141,2	3,80±0,01	3,18±0,01	559,8±7,3	986,5±74,9
В среднем	625	5664,1±118,1	3,82±0,01	3,20±0,01	517,2±2,0	984,1±13,3

По результатам исследований, представленных в табл. 2, можно сделать вывод, что в ОАО «Ермолинское» коровы используются достаточно продолжительное время (11 лактаций включительно) и сохраняют уровень молочной продуктивности, превышающий требования стандарта породы. Удой за 305 дней лактации более 5 тыс. кг был получен от коров в возрасте 2-х, 3-х, 6-ти, 9-ти лактаций и старше. Наименьший удой имели коровы по 8-й лактации – 4770,3 кг. В зависимости от возраста коров массовая доля жира и белка в молоке изменялись незначительно – 3,72-3,87 и 3,09-3,21% соответственно.

Следует отметить, что голштинская порода не оказала существенного влияния на уровень молочной продуктивности и рассчитанный коэффициент молочности соответствовал значению признака, характерного для черно-пестрой породы. Максимальный коэффициент молочности был выявлен у коров-первотелок – 1021 кг, а наименьший у коров по 8-й лактации – 871,7 кг. Среднее значение коэффициента по стаду составило 984 кг, что ниже рекомендуемого значения для голштинизированного скота на 1,6%.

Длительный период продуктивного использования коров в стаде позволяет увеличить валовое производство молока. В зависимости от средней величины долголетия коров в стаде

и максимальной продолжительности периода их использования можно определить фактический и возможный удой за все лактации 1 особи (табл. 3).

Таблица 3. Удой молока коров за период хозяйственного использования, кг

Лактация	Предприятие	
	ООО «Передольское»	ОАО «Ермолинское»
Средний возраст коров в стаде, отелов	2,1	3,2
Фактическая продуктивность 1 коровы за все лактации	26259,5	38674,0
Возможная продуктивность 1 коровы за все лактации	50952,3	56022,6

Анализ данных, представленных в табл. 3, показал, что длительный период использования коров при стойлово-пастбищном содержании в ОАО «Ермолинское» позволяет получить на 47,3% больше молока при сравнительно невысоком среднем удое (5664,1 кг), составляющем 78,2% от уровня продуктивности коров в стаде ООО «Передольское». За весь продуктивный период использования коров дополнительно в расчете на 1 гол. в стаде ООО «Передольское» возможно получение дополнительно 9,9% молока при сохранении уровня продуктивности коров и увеличении их долголетия на 1-2 отела.

Основным условием повышения экономической эффективности молочного скотоводства является увеличение продуктивности скота и уменьшение затрат на производство молока [8, 10]. Анализ основных затрат на производство продукции в сложившихся хозяйственных условиях с учетом принятых технологий позволяет выявить резервы уменьшения себестоимости производства молока и повышения эффективности молочного скотоводства (табл. 4).

Таблица 4. Структура себестоимости производства молока

Статья затрат	Структура себестоимости, %	
	ООО «Передольское»	ОАО «Ермолинское»
Оплата труда с отчислениями	15	12
Корма	54	53
Средства защиты животных	4	6
Коммунальные расходы	5	5
Запасные части, расходные материалы, ГСМ и т.д.	6	9
Услуги транспорта	3	4
Амортизация, всего	13	11
в т.ч. продуктивного скота	8	9
Итого	100	100

Анализ данных, представленных в табл. 4, показал, что в обоих племенных предприятиях наибольший удельный вес затрат в структуре себестоимости производства молока занимают корма (54 и 53%) и оплата труда с отчислениями (15 и 12%), что является типичным для большинства животноводческих предприятий Новгородской области.

Продуктивный скот является основным средством для предприятия. Поскольку коровы в процессе эксплуатации производят продукцию, соответственно, на них требуется начисление амортизации. Амортизация – это процесс переноса стоимости на вновь произведенную продукцию (молоко) в течение срока полезного использования. В молочном животноводстве (скотоводстве) это период эксплуатации животного или продуктивного долголетия. Амортизационные отчисления на обновление продуктивного поголовья, которые

закладываются в себестоимость молока, за счет более раннего их возврата могут быть распределены на другие статьи производственных затрат [7]. В исследуемых стадах амортизация продуктивного скота оказалась невысокой и составила 8 и 9%.

Уменьшение себестоимости производства молока является одной из важных задач отрасли животноводства. От уровня себестоимости молока зависит сумма прибыли и уровня рентабельности, темпы расширенного воспроизводства отрасли в целом.

На основе расчетов структуры себестоимости был проведен сравнительный анализ эффективности производства молока в племенных репродукторах за счет увеличения продолжительности продуктивного долголетия коров (табл. 5).

Таблица 5. Эффективность производства молока

Показатель	ООО «Передольское»	ОАО «Ермолинское»
Число коров (по данным бонитировки), гол.	520	305
Средний удой от одной коровы (по данным бонитировки), кг	7748	6008
Содержание жира в молоке, %	3,50	3,84
Молоко базисной жирности (3,4%), кг	7975,9	6785,5
Себестоимость 1 ц молока, руб.	2182,0	2169,0
Себестоимость 1 ц молока с учетом амортизации продуктивного скота, руб.	2007,44	1973,79
Продуктивное долголетие (фактическое), лет	4,1	4,4
Возможное продуктивное долголетие, лет	7,0	7,0
Увеличение продуктивного долголетия, лет	2,9	2,6
Снижение себестоимости 1 ц молока с учетом увеличения продуктивного долголетия, руб.	506,2	195,2
Валовой объем молока, произведенного за счет увеличения продуктивного долголетия, ц	94833,5	53809,0
Коммерческие расходы на реализацию молока, %	11,0	10,0
Полная производственная себестоимость молока, руб.	210013,4	93783,0
Закупочная цена реализации молока, ц/руб.	2400,0	2400,0
Выручка от реализации молока, руб.	227600,4	129141,6
Прибыль от реализации молока, произведенного за счет увеличения продуктивного долголетия, тыс. руб.	17587,0	35358,6
Уровень рентабельности, %	8,4	37,7

Увеличение срока продуктивного использования коров в стаде, по данным табл. 5, способствует изменению себестоимости производимой продукции – молока. Так, в условиях круглогодичного стойлового привязного содержания коров в ООО «Передольское» максимальное увеличение продуктивного долголетия коров на 2,9 лет обеспечит снижение себестоимости 1 ц молока на 506,2 руб., при этом размер прибыли от реализации молока составит 17,6 тыс. руб., а уровень рентабельности производства молока – 8,4%.

При увеличении продолжительности продуктивного использования маточного поголовья скота на 2,6 лет в условиях стойлово-пастбищного беспривязного содержания коров в ОАО «Ермолинское» возможно уменьшение себестоимости производства 1 ц молока на 195,2 руб.; может быть получено дополнительной прибыли при реализации молока в сумме 35,4 тыс. руб. при уровне рентабельности его производства 37,7%.

**Вывод.** Проведенные исследования в племенных репродукторах ООО «Передольское» и ОАО «Ермолинское» позволяют сделать вывод, что в селекционной работе со стадом необходимо учитывать продолжительность хозяйственного использования коров как важный селекционный признак. Оптимизация срока продуктивного долголетия коров в стаде позволяет уменьшить себестоимость производства молока на 506,2 и 195,2 тыс. руб., получить дополнительную прибыль от его реализации 17,6 и 35,4 тыс. руб., а также обеспечить рентабельность производства продукции на уровне 8,4 и 37,7%.

## Литература

1. **Мороз М.Т.** Кормление крупного рогатого скота. Контроль полноценности. Обмен веществ. – СПб.: АМА, 2017. – 322 с.
2. **Тюренкова Е.Н., Мороз М.Т., Прошина О.В.** и др. Увеличение продолжительности хозяйственного использования коров и повышение экономической эффективности и конкурентоспособности молочного животноводства в хозяйствах Ленинградской области (Рекомендации). – СПб: Комитет по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области, 2007. – 54 с.
3. **Пристач Н.В., Пристач Л.Н.** Современные проблемы нормированного питания высокопродуктивного молочного скота // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – №4. – С. 186-191.
4. **Латышева О.В., Позднякова В.Ф.** Продуктивные и воспроизводительные качества коров голштинской породы в зависимости от линейной принадлежности // Зоотехния. – 2015. – №8. – С. 15-16.
5. **Виноградова Н.Д., Падерина Р.В.** Продуктивное долголетие голштинизированных черно-пестрых коров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – №36. – С. 71-76.
6. **Лебедько Е.Я.** Долголетнее продуктивное использование молочных коров разных экстерьерно-конституциональных типов // Селекционно-генетические и эколого-технологические проблемы повышения долголетнего продуктивного использования молочных коров: сб. науч. тр. – Вып.3. – Брянск: Брянская ГСХА, 2004. – С. 14-19.
7. **Давыдова О.А.** Методологический подход к оценке производственного потенциала молочного скотоводства // Вестник Южно-Уральского профессионального института. – 2015. – №1 (16). – С. 149-155.
8. **Давыдова О.А., Сафронов С.Л.** Модель оценки конкурентоспособности предприятия, производящего молочную продукцию // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: матер. науч. конф. профес.-препод. состава, науч. сотруд. и аспирантов. – СПб.: СПбГАУ, 2011. – С.502-505.
9. **Виноградова Н.Д.** Продуктивное долголетие коров как фактор повышения эффективности производства молока // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сб. науч. тр. по матер. междунар. науч.-практ. конф. профес.-препод. состава. – СПб.: СПбГАУ, 2014. – С. 144-146.
10. **Сафронов С.Л.** Научно-практическое обоснование увеличения производства продукции скота черно-пестрой породы: дис. ... доктора с.-х. наук. – М., 2019. – 304 с.

## Literatura

1. **Moroz M.T.** Kormlenie krupnogo rogatogo skota. Kontrol' polnocnosti. Obmen veshchestv. – SPb.: AMA, 2017. – 322 s.
2. **Tyurenkova E.N., Moroz M.T., Proshina O.V.** i dr. Uvelichenie prodolzhitel'nosti hozyajstvennogo ispol'zovaniya korov i povyshenie ekonomicheskoy effektivnosti i konkurentosposobnosti molochnogo zhivotnovodstva v hozyajstvah Leningradskoj oblasti (Rekomendacii). – SPb: Komitet po agropromyshlennomu i rybohozyajstvennomu kompleksu Leningradskoj oblasti, 2007. – 54 s.
3. **Pristach N.V., Pristach L.N.** Sovremenny'e problemy` normirovannogo pitaniya vy`sokoproduktivnogo molochnogo skota // Voprosy` normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. – 2018. – №4. – S. 186-191.
4. **Laty`sheva O.V., Pozdnyakova V.F.** Produktivny`e i vosproizvoditel`ny`e kachestva korov golshtinskoj porody` v zavisimosti ot linejnoy prinadlezhnosti//Zootekhniya. – 2015. – №8. – S. 15-16.
5. **Vinogradova N.D., Paderina R.V.** Produktivnoe dolgoletie golshtinizirovannyh cherno-pestryh korov // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – №36. – S. 71-76.
6. **Lebed'ko E.Ya.** Dolgoletnee produktivnoe ispol'zovanie molochnyh korov raznyh ekster'erno-konstitucional'nyh tipov // Selekcionno-geneticheskie i ekologo-tekhnologicheskie problemy povysheniya dolgoletnego produktivnogo ispol'zovaniya molochnyh korov: sb. nauch. tr. – Вып.3. – Bryansk: Bryanskaya GSHA, 2004. – S. 14-19.

7. **Davydova O.A.** Metodologicheskij podhod k ocenke proizvodstvennogo potenciala molochnogo skotovodstva//Vestnik Yuzhno-Ural'skogo professional'nogo instituta. – 2015. – №1(16). – S.149-155.
8. **Davydova O.A., Safronov S.L.** Model' ocenki konkurentosposobnosti predpriyatiya, proizvodnyashchego molochnyuyu produkciyu / Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah reformirovaniya: mater. nauch. konf. profes.-prepod. sostava, nauch. sotrud. i aspirantov. – SPb.: SPbGAU, 2011. – S.502-505.
9. **Vinogradova N.D.** Produktivnoe dolgoletie korov kak faktor povysheniya effektivnosti proizvodstva moloka // Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah reformirovaniya: sb. nauch. tr. po mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. profes.-prepod. sostava. – SPb.: SPbGAU, 2014. – S. 144-146.
10. **Safronov S.L.** Nauchno-prakticheskoe obosnovanie uvelicheniya proizvodstva produkcii skota cherno-pestroj porody: dis. ... doktora s.-h. nauk. – M., 2019. – 304 s.

УДК 636.03+636.2.034

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14071

Канд. с.-х. наук **А.В. САНГАНАЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, asyvs@mail.ru)  
Статистик **Т.В. СКЛЯРСКАЯ**  
(СПбГБУЗ КВД №9, fire\_horse@list.ru)

## МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА КОРОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Развитие отечественного молочного скотоводства направлено на совершенствование продуктивных качеств крупного рогатого скота в условиях принятых технологий производства молока [1, 2]. Существенное повышение молочной продуктивности коров связано с интенсификацией молочного скотоводства, которая основана на высоком уровне племенной работы, а также на новых интенсивных технологиях кормления, содержания и организации воспроизводства животных [3, 4, 5, 6].

Наращивание объемов производства молока в стране невозможно без обеспечения воспроизводства стада крупного рогатого скота. В технологии производства молока воспроизводству стада отводится первостепенное значение [4]. Поэтому одним из главных факторов, сдерживающих увеличение производства молока в промышленных условиях России, является сокращение поголовья скота во всех сельскохозяйственных предприятиях страны. Так, по итогам 2018 г. поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах всех категорий составило 18,2 млн. голов, в том числе коров 7,9 млн. голов, что на 0,8 и 0,1% меньше уровня 2017 г. соответственно (табл. 1). В сельскохозяйственных организациях (СХО) общее поголовье скота и коров уменьшилось на 1,4% (112,2 тыс. гол.) и 1,0% (34,4 тыс. гол.), в хозяйствах населения – на 1,3% (100,4 тыс. гол.) и на 1,2% (39,4 тыс. гол.), а в крестьянских (фермерских) хозяйствах (К(Ф)Х) поголовье увеличилось на 2,8% (70,4 тыс. гол.) и 5,0% (61,8 тыс. гол.) соответственно [7].

По сравнению с 2013 г. поголовье молочного скота в хозяйствах всех категорий сократилось на 6,3% (1,1 млн. гол.), в том числе коров на 6,4% (492,2 тыс. гол.). В СХО уменьшение всего поголовья крупного рогатого скота за указанный период составило 7,7% (660,4 тыс. гол.), в том числе коров – 7,3% (251,2 тыс. гол.); в хозяйствах населения – 12,9% (1,0 млн. гол.) и 14,2% (519,1 тыс. гол.) соответственно. В крестьянских (фермерских) хозяйствах, включая ИП, поголовье скота возросло на 26,7% (565,2 тыс. гол.), в том числе коров на 26,4% (278,1 тыс. гол.).



Таблица 1. поголовье крупного рогатого скота по категориям хозяйств, млн. гол.

Вид скота	Год						2018 г. к 2017 г., %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
<i>Хозяйства всех категорий</i>							
Крупный рогатый скот, всего	19,3	18,9	18,6	18,3	18,3	18,2	99,5
в т.ч. коровы	8,4	8,3	8,1	8,0	8,0	7,9	98,8
<i>СХО</i>							
Крупный рогатый скот, всего	8,8	8,5	8,5	8,3	8,3	8,2	98,6
в т.ч. коровы	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	99,0
<i>Хозяйства населения</i>							
Крупный рогатый скот, всего	8,5	8,3	7,9	7,6	7,5	7,4	98,7
в т.ч. коровы	3,9	3,8	3,6	3,4	3,4	3,3	98,8
<i>К(Ф)Х, включая ИП</i>							
Крупный рогатый скот, всего	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	102,8
в т.ч. коровы	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	105,0

По мнению многих ученых [1, 2, 6, 8], увеличение объемов производства молока в стране возможно за счет длительного периода продуктивного использования (долголетия) имеющегося маточного поголовья скота. В среднем максимальная продуктивность коров наблюдается между 5-8 годами, после чего постепенно убывает в связи с общим старением организма.

**Целью исследований** явилось проведение сравнительного анализа молочной продуктивности и воспроизводительных качеств коров разного возраста в условиях принятой технологии производства молока в племенном репродукторе по разведению черно-пестрого скота в ОАО «Ермолинское».

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования были проведены в ОАО «Ермолинское» (Новгородский район Новгородской области), специализирующемся на разведении крупного рогатого скота черно-пестрой породы. Предприятие входит в перечень ведущих животноводческих предприятий Новгородской области. Для исследований были использованы материалы зоотехнического и племенного учета продуктивности коров (645 гол.) за последнюю законченную лактацию: удой за 305 дн. и всю лактацию (кг), массовая доля жира и белка в молоке (%), живая масса коров (кг), продолжительность межотельного, сухостойного и сервис-периода (сут.). Количество молочного жира и белка, а также коэффициент молочности (кг) были рассчитаны по общепринятым методикам. Весь цифровой материал, полученный в результате исследований, был обработан методом вариационной статистики с помощью программного обеспечения MS Excel 2007.

**Результаты исследований.** Из многочисленных исследований, проводимых в разных регионах РФ, установлено, что животные в стаде практически никогда не достигают предельного возраста. Все они выбывают из хозяйства раньше возможного срока биологического долголетия. Это можно объяснить тем, что срок использования животных зависит от их продуктивных и племенных качеств. Животных содержат в хозяйстве до тех пор, пока у них эти качества сохраняются на высоком уровне. Долголетие коров и сохранение у них высокой продуктивности – главный хозяйственно-полезный признак и один из факторов интенсивного использования стада, обеспечивающий эффективное производство молока [9, 10].

Нами был проведен сравнительный анализ молочной продуктивности коров разного возраста (лактаций), результаты которого представлены в табл. 2.

Таблица 2. Молочная продуктивность коров за последнюю законченную лактацию

Параметр	Лактация					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я и старше
n	308	174	56	27	24	56
<i>Количество дойных дней, сут.</i>						
X±Sx	359,3±7,4	335,0±7,9	319,2±8,6	312,0±13,9	301,0±15,5	336,4±12,7
Cv, %	23,0	19,0	13,3	18,8	14,5	16,5
В среднем по группе						
X±Sx	324,5±4,6					
Cv, %	21,1					
<i>Удой за лактацию, кг</i>						
X±Sx	5656,4±42,9	5378,7±85,2	5255,4±96,3	5067,2±109,7	4943,8±124,3	5295,5±97,4
Cv, %	28,2	27,8	30,4	24,4	21,6	28,7
В среднем по группе						
X±Sx	5485,3±95,8					
Cv, %	27,3					
<i>Удой за 305 дней лактации, кг</i>						
X±Sx	5029,9±87,0	5089,3±44,6	5075,5±124,9	4955,0±136,2	4925,5±133,3	5054,2±102,2
Cv, %	19,3	22,9	28,5	28,6	21,6	17,4
В среднем по группе						
X±Sx	5017,0±67,6					
Cv, %	21,0					
<i>Массовая доля жира в молоке, %</i>						
X±Sx	3,82±0,01	3,83±0,01	3,84±0,01	3,81±0,01	3,82±0,01	3,83±0,02
Cv, %	1,0	1,0	1,0	0,8	0,5	1,8
В среднем по группе						
X±Sx	3,82±0,01					
Cv, %	1,04					
<i>Массовая доля белка в молоке, %</i>						
X±Sx	3,20±0,02	3,20±0,01	3,21±0,01	3,19±0,01	3,19±0,01	3,18±0,01
Cv, %	0,9	0,9	0,9	0,9	1,3	0,9
В среднем по группе						
X±Sx	3,20±0,01					
Cv, %	1,6					
<i>Количество молочного жира, кг</i>						
X±Sx	192,0±3,4	194,6±5,6	194,7±9,3	189,1±15,0	188,3±18,8	193,4±7,6
Cv, %	15,6	23,1	28,5	19,4	21,5	17,0
В среднем по группе						
X±Sx	192,9±2,6					
Cv, %	21,1					
<i>Количество молочного белка, кг</i>						
X±Sx	160,7±2,8	163,0±4,7	162,7±9,4	158,2±12,4	157,3±17,3	161,0±6,5
Cv, %	19,2	23,2	28,5	19,2	21,3	17,5
В среднем по группе						
X±Sx	161,6±2,2					
Cv, %	21,2					
<i>Коэффициент молочности, кг</i>						
X±Sx	1028,2±16,9	976,3±27,1	949,3±25,9	893,1±49,9	909,9±37,7	921,4±35,2
Cv, %	18,4	22,3	28,8	29,2	20,2	16,6
В среднем по группе						
X±Sx	1007,1±14,3					
Cv, %	22,3					

По результатам проведенных исследований было установлено, что в целом за лактацию удой с увеличением возраста коров уменьшался. Так, наибольший удой был получен от коров-первотелок – 5656,4 кг, а в последующем он уменьшался от 1-й к 5-й лактации на 4,9; 2,3; 3,6 и 2,4%. Удой коров в возрасте 6-й лактации и старше составил 93,6% от продуктивности коров-первотелок. Следует отметить, что продолжительность лактации в среднем по группе составила 324,5 сут.

Динамика удоя за 305 дней лактации выявила тенденцию к его увеличению от 1-й лактации ко 2-й, с последующим его уменьшением с увеличением возраста коров. Полновозрастные коровы в возрасте 6-ти лактаций и старше незначительно уступали коровам 2-й и 3-й лактации на 0,7 и 0,4% ( $P < 0,001$ ).

Изменчивость признака находилась в общепринятых для данного показателя границах и составляла от 17,4 до 30,4% в зависимости от возраста коров.

Массовая доля жира и белка в молоке в зависимости от возраста коров изменялась незначительно, при этом величина изменчивости признака составила 0,9-1,8%.

Выход молочного жира и белка зависит от величины удоя, поэтому динамика этих показателей соответствовала изменению удоя у коров в зависимости от их возраста. Наибольшая величина изменчивости признаков установлена у коров в возрасте 3-й лактации, когда особи достигают физиологической зрелости и поэтому возможно проведение успешной селекции по величине молочной продуктивности коров.

Величина коэффициента молочности у коров разного возраста изменялась в зависимости от величины удоя и составляла от 893,1 (4-я лактация) до 1028,2 кг (1-я лактация), что соответствует средним значениям, характерным для черно-пестрой породы.

В ОАО «Ермолинское» средняя продолжительность продуктивного использования коров в стаде составляет 3,2 отела. В связи с этим был проведен сравнительный анализ молочной продуктивности полновозрастных коров (в возрасте старше 3-х лактаций) за весь период их продуктивного использования (табл. 3).

Таблица 3. Молочная продуктивность коров за весь период использования

Параметр	Лактация			
	1-3	1-4	1-5	1-6 и старше
n	56	27	24	56
<i>Количество дойных дней, сут.</i>				
X±Sx	331,7±6,3	316,3±10,3	332,0±11,8	309,4±4,0
Cv, %	16,1	15,9	19,5	15,0
В среднем по группе				
X±Sx	318,9±3,2			
Cv, %	16,3			
<i>Удой за лактацию, кг</i>				
X±Sx	5284,4±149,0	5022,3±120,9	4683,3±160,9	4088,5±95,0
Cv, %	23,9	20,5	30,5	27,8
В среднем по группе				
X±Sx	4578,3±81,4			
Cv, %	28,6			
<i>Удой за 305 дней лактации, кг</i>				
X±Sx	5087,2±93,4	4892,0±120,2	4478,4±135,7	3995,1±93,5
Cv, %	22,4	20,2	28,8	26,9
В среднем по группе				
X±Sx	4439,5±75,3			
Cv, %	27,2			

Продолжение таблицы 3

<i>Массовая доля жира в молоке, %</i>				
X±Sx	3,83±0,01	3,74±0,02	3,80±0,02	3,79±0,01
Cv, %	2,1	8,6	4,2	3,2
В среднем по группе				
X±Sx	3,80±0,01			
Cv, %	3,7			
<i>Массовая доля белка в молоке, %</i>				
X±Sx	3,21±0,01	3,19±0,01	3,20±0,01	3,19±0,02
Cv, %	0,9	1,3	1,2	0,9
В среднем по группе				
X±Sx	3,20±0,01			
Cv, %	0,9			
<i>Количество молочного жира, кг</i>				
X±Sx	195,2±5,3	182,9±8,5	169,9±8,9	151,7±3,6
Cv, %	22,8	22,9	26,0	27,3
В среднем по группе				
X±Sx	168,9±3,0			
Cv, %	27,9			
<i>Количество молочного белка, кг</i>				
X±Sx	163,3±4,3	156,2±6,6	143,7±7,7	127,5±3,0
Cv, %	22,4	20,8	29,4	26,8
В среднем по группе				
X±Sx	142,1±2,4			
Cv, %	27,4			
<i>Коэффициент молочности, кг</i>				
X±Sx	992,0±25,4	955,6±38,7	871,0±46,0	762,8±15,3
Cv, %	21,7	19,9	29,0	22,9
В среднем по группе				
X±Sx	857,3±13,9			
Cv, %	25,9			

Анализ данных табл. 3 показал, что с увеличением возраста коров удой уменьшался на 3,8-12,7%, при этом средняя продолжительность лактации составляла 318,9 сут.

По содержанию жира в молоке колебания составили от 3,74% (1-4 лактации) до 3,83% (1-3 лактации). Изменчивость признака по этому показателю от 8,6% (1-4 лактации) до 2,1% (1-3 лактации) находится на достаточном уровне для успешной селекции по нему.

Массовая доля белка в молоке у коров разного возраста и продуктивного доголетия изменялась незначительно.

Выход молочного жира и белка с увеличением продолжительности продуктивного использования коров уменьшался в связи с уменьшением величины удоя. Аналогичная закономерность прослеживается по величине коэффициента молочности. Так, с увеличением возраста коров величина признака уменьшалась на 3,7-12,4% ( $P < 0,01$ ).

Организация воспроизводства стада в молочном скотоводстве оказывает существенное влияние на стабильность производства молока. Оценку динамики признаков, характеризующих воспроизводительные качества коров разного возраста, провели по данным за последнюю законченную лактацию (табл. 4).

Таблица 4. Воспроизводительные качества коров за последнюю законченную лактацию

Параметр	Лактация					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я и старше
n	308	174	56	27	24	56
<i>Сервис-период, сут.</i>						
X±Sx	158,7±8,5	133,2±11,2	103,5±10,4	89,0±12,5	81,5±16,4	127,8±14,9
Cv, %	60,0	67,8	49,7	59,6	49,3	50,8
В среднем по группе						
X±Sx	130,5±25,5					
Cv, %	63,5					
<i>Сухостойный период, сут.</i>						
X±Sx	-	55,2±2,7	53,3±6,2	45,0±7,2	57,7±9,0	55,0±7,3
Cv, %	-	39,7	57,2	39,3	38,3	57,6
В среднем по группе						
X±Sx	54,6±8,4					
Cv, %	41,4					
<i>Межотельный период, сут.</i>						
X±Sx	409,1±7,6	394,6±10,1	393,0±10,3	359,5±13,1	364,2±16,1	389,4±14,1
Cv, %	21,3	20,6	12,8	15,5	10,8	15,7
В среднем по группе						
X±Sx	379,8±25,0					
Cv, %	19,6					
<i>Живая масса, кг</i>						
X±Sx	488,9±2,1	520,7±1,63	535,5±2,3	555,2±3,0	541,2±7,2	548,1±3,7
Cv, %	5,1	2,5	2,1	4,3	3,3	2,9
В среднем по группе						
X±Sx	529,4±5,9					
Cv, %	5,9					

Величина сервис-периода оказывает существенное влияние на воспроизводительные качества коров, так как характеризует состояние их здоровья после отела [4, 10]. Максимальный сервис-период у коров наблюдали после 1-го отела, который составил 158,7 сут., что было выше, чем его продолжительность после 2-го отела, на 25,5 сут., или 16,1%, после 3-го – на 29,7 сут., или 22,3%, после 4-го отела – на 14,5 сут., или 14,0%, после 5-го – на 7,5 сут., или 8,4%. После 6-го отела и старше величина признака увеличилась по сравнению с данными за 5-й отел на 46,3 сут., или 56,8%.

Изменчивость признака у коров всех возрастов была высокой (49,3-67,8%), что соответствует показателям для данного признака и может быть использовано в селекционной работе со стадом.

Продолжительность сухостойного периода соответствовала физиологической норме и составляла от 45 сут. (4-я лактация) до 57,7 сут. (5-я лактация). Следует отметить высокую изменчивость этого признака: 38,3 (5-я лактация) – 57,6% (6-я лактация и старше).

Возрастная динамика межотельного периода у коров разного возраста свидетельствует о том, что в стаде ОАО «Ермолинское» этот показатель близок к оптимальным величинам. Так, оптимальная продолжительность межотельного периода у коров должна составлять 365 сут. [10]. У коров разного возраста в исследуемом стаде этот показатель колеблется от 359,5 сут. (5-я лактация) до 409,1 сут. (1-я лактация). Установленная динамика показателя свидетельствует о влиянии паратипических факторов на физиологические потребности организма коров.

Живая масса коров увеличивалась от 1-й к 4-й лактации на 6,5%, 2,8% и 3,7%, что обусловлено закономерностями роста и развития особей и достижения ими физиологической

зрелости. От 4-й к 5-й лактации живая масса уменьшилась на 2,5% ( $P<0,01$ ) с последующим ее увеличением на 1,3% ( $P<0,001$ ).

Оценка признаков, характеризующих воспроизводительные качества полновозрастных (3-й отел и старше) коров, была проведена по данным за весь период их продуктивного использования – от 1-й к 11-й лактации включительно (табл. 5).

Таблица 5. **Воспроизводительные качества коров за весь период продуктивного использования**

Параметр	Лактация			
	1-3	1-4	1-5	1-6 и старше
n	56	27	24	56
<i>Сервис-период, сут.</i>				
X±Sx	118,4±7,2	96,8±11,3	115,7±13,8	90,3±4,7
Cv, %	51,3	57,4	65,5	57,7
В среднем по группе				
X±Sx	102,0±13,7			
Cv, %	58,0			
<i>Сухостойный период, сут.</i>				
X±Sx	53,9±3,3	50,1±2,7	58,0±6,0	55,5±2,0
Cv, %	51,6	26,5	50,5	39,3
В среднем по группе				
X±Sx	54,8±5,5			
Cv, %	43,4			
<i>Межотельный период, сут</i>				
X±Sx	382,4±6,9	365,9±12,3	381,1±9,8	363,4±4,8
Cv, %	15,2	16,5	14,0	14,6
В среднем по группе				
X±Sx	371,2±13,5			
Cv, %	15,0			
<i>Живая масса, кг</i>				
X±Sx	513,5±3,9	514,4±5,9	515,4±7,3	519,3±3,0
Cv, %	6,4	6,4	7,7	6,6
В среднем по группе				
X±Sx	516,8±8,3			
Cv, %	8,1			

Коровы с периодом использования до 3-й лактации включительно имели наибольшую продолжительность сервис-периода – 118,4 сут., что можно объяснить периодом роста и развития особей, а также формированием их молочной продуктивности. Минимальное значение признака отмечено у коров с длительным периодом их продуктивного использования (старше шести отелов) – 90,6 сут., что связано со стабилизацией молочной продуктивности коров и постепенным ее уменьшением вследствие старения организма. Следует отметить, что продолжительность сервис-периода у коров всех возрастных групп соответствовала физиологической норме и хорошему их восстановлению после отела.

Продолжительность сухостойного периода, необходимого для подготовки коровы к предстоящему отелу и накоплению питательных веществ для последующей молочной продуктивности, изменялась в зависимости от продолжительности их продуктивного использования. Максимальная продолжительность этого периода отмечена в группе коров с продуктивным долголетием до пятого отела включительно – 58 сут., а минимальная – у коров в возрасте до четырех отелов.

Межотельный период соответствовал оптимальным величинам у коров с продуктивным долголетием до 4-й и старше 6-й лактации. Максимальный уровень молочной

продуктивности у коров в возрасте до трех отелов способствовал удлинению у них межотельного периода на 16,5 сут., или 4,5% ( $P < 0,01$ ).

Живая масса коров во все возрастные периоды имела незначительные различия и в среднем составила 516,8 кг.

**Вывод.** Сравнительный анализ молочной продуктивности и воспроизводительных качеств коров в стаде племенного репродуктора ОАО «Ермолинское» свидетельствовал, что изучаемые показатели изменяются в зависимости от возраста коров и продолжительности их продуктивного использования (долголетия). В селекционной работе со стадом необходимо учитывать комплекс хозяйственно-полезных признаков.

### Литература

1. **Сафронов С.Л.** Научно-практическое обоснование увеличения производства продукции скота черно-пестрой породы: дис. ... доктора с.-х. наук. – М., 2019. – 304 с.
2. **Виноградова Н.Д.** Продуктивное долголетие коров как фактор повышения эффективности производства молока // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сб. науч. тр. матер. междунар. науч.-практ. конф. профес.-препод. состава. – СПб.: СПбГАУ, 2014. – С. 144-146.
3. **Мороз М.Т.** Кормление крупного рогатого скота. Контроль полноценности. Обмен веществ. – СПб.: АМА, 2017. – 322 с.
4. **Латышева О.В., Позднякова В.Ф.** Продуктивные и воспроизводительные качества коров голштинской породы в зависимости от линейной принадлежности // Зоотехния. – 2015. – №8. – С. 15-16.
5. **Прстач Н.В., Пристач Л.Н.** Современные проблемы нормированного питания высокопродуктивного молочного скота // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – №4. – С. 186-191.
6. **Виноградова Н.Д., Падерина Р.В.** Продуктивное долголетие голштинизированных черно-пестрых коров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – №36. – С. 71-76.
7. **Национальный доклад** о ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. – М, 2019. – 21 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: [http://government.ru/dep\\_news/37271/](http://government.ru/dep_news/37271/) (дата обращения: 20.09. 2019).
8. **Лебедько Е.Я.** Долголетнее продуктивное использование молочных коров разных экстерьерно-конституциональных типов // Селекционно-генетические и эколого-технологические проблемы повышения долголетнего продуктивного использования молочных коров: сб. науч. тр. – Вып.3. – Брянск: Брянская ГСХА, 2004. – С. 14-19.
9. **Прохоренко П.Н.** Влияние различных факторов на продуктивное долголетие коров // Молочное и мясное скотоводство. – 2005. – №7. – С.13-16.
10. **Костомахин Н.М.** Воспроизводство стада и выращивание ремонтного молодняка в скотоводстве. – М.: КолосС, 2009. – 109 с.

### Literatura

1. **Safronov S.L.** Nauchno-prakticheskoe obosnovanie uvelicheniya proizvodstva produktsii skota cherno-pestroj porody: dis. ... doktora s.-h. nauk. – M., 2019. – 304 s.
2. **Vinogradova N.D.** Produktivnoe dolgoletie korov kak faktor povysheniya effektivnosti proizvodstva moloka // Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah reformirovaniya: sb. nauch. tr. mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. profes.-prepod. sostava. – SPb.: SPbGAU, 2014. – S. 144-146.
3. **Moroz M.T.** Kormlenie krupnogo rogatogo skota. Kontrol' polnocennosti. Obmen veshchestv. – SPb.: AMA, 2017. – 322 s.
4. **Laty`sheva O.V., Pozdnyakova V.F.** Produktivny`e i vosproizvoditel`ny`e kachestva korov golshhtinskoj porody` v zavisimosti ot linejnoy prinadlezhnosti//Zootekhniya. – 2015. – №8. – S. 15-16.

5. **Prstach N.V., Pristach L.N.** Sovremennyye problemy` normirovannogo pitaniya vy`sokoproduktivnogo molochnogo skota // Voprosy` normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarии. – 2018. – №4. – S. 186-191.
6. **Vinogradova N.D., Paderina R.V.** Produktivnoe dolgoletie golshтинizirovannyh cherno-pestryh korov // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – №36. – S. 71-76.
7. **Nacional'nyj doklad** o hode i rezul'tatah realizacii v 2018 godu Gosudarstvennoj programmy razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya. – M, 2019. – 21 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa URL: [http://government.ru/dep\\_news/37271/](http://government.ru/dep_news/37271/) (data obrashcheniya: 20.09. 2019).
8. **Lebed'ko E.Ya.** Dolgoletnee produktivnoe ispol'zovanie molochnyh korov raznyh ekster'erno-konstitucional'nyh tipov // Selekcionno-geneticheskie i ekologo-tekhnologicheskie problemy povysheniya dolgoletnego produktivnogo ispol'zovaniya molochnyh korov: sb. nauch. tr. – Vyp.3. – Bryansk: Bryanskaya GSHA, 2004. – S. 14-19.
9. **Prohorenko P.N.** Vliyanie razlichnyh faktorov na produktivnoe dolgoletie korov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2005. – №7. – S.13-16.
10. **Kostomahin N.M.** Vosproizvodstvo stada i vyrashchivanie remontnogo molodnyaka v skotovodstve. – M.: KolosS, 2009. – 109 s.

УДК 636.034

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14079

Ст. преподаватель **С.Г. ЗЕРНИНА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, [zerro\\_svet@mail.ru](mailto:zerro_svet@mail.ru))

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА И ПРОИСХОЖДЕНИЯ

На современном этапе развития животноводства в России приоритетной задачей является обеспечение населения страны жизненно необходимыми продуктами питания – молоком и мясом. Производство молока в хозяйствах всех категорий в 2018 г. составило 30,6 млн. тонн (97,9% от планируемого), что на 1,5% больше уровня 2017 г. Тем не менее производство этого ценного и незаменимого продукта питания, а также сырья для перерабатывающей промышленности остается недостаточным. Так, в 2018 г. удельный вес отечественной продукции по молоку и молокопродуктам в общем объеме ресурсов (с учетом переходящих запасов) составил 84,2% (+3,4 п.п. к уровню 2017 г.), что на 5,8 п.п. ниже порогового значения Доктрины продовольственной безопасности РФ (не менее 90%) [1].

В настоящее время основными производителями молока в России являются сельскохозяйственные организации и хозяйства населения (табл. 1).

Таблица 1. Производство молока по категориям хозяйств, млн. тонн

Категория хозяйства	Год						2018 г. к 2017 г., %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Хозяйства всех категорий	29,9	30,0	29,9	29,8	30,2	30,6	101,3
СХО	14,1	14,4	14,7	15,1	15,7	16,2	103,2
Хозяйства населения	14,0	13,7	13,2	12,5	12,1	11,9	98,3
К(Ф)Х, включая ИП	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	104,2

Производство молока в хозяйствах всех категорий (табл. 1) за последние 6 лет изменилось незначительно, с колебаниями от 0,3 до 1,3%. В СХО прирост производства молока наиболее выражен и в сравнении с уровнем 2013 г. составил 14,9%. Отмечена



тенденция к уменьшению объемов производства молока в хозяйствах населения к уровню 2017 г. на 1,7%, а по сравнению с 2013 г. – на 15,0%. Положительная динамика производства молока в К(Ф)Х, включая ИП, на 4,2-10,0% – результат мер государственной поддержки, направленной на развитие молочного скотоводства.

Сдерживающим фактором развития молочного скотоводства в стране является продолжающееся сокращение поголовья скота [2]. Так, по итогам 2018 г. поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах всех категорий составило 18,2 млн. голов, в том числе коров – 7,9 млн. голов, что на 0,8 и 0,1% меньше уровня 2017 г. соответственно [1]. Несмотря на отмеченную тенденцию, есть существенная вариация уровня молочной продуктивности коров по субъектам РФ, что может являться значительным резервом для ее роста.

В настоящее время усилия специалистов АПК направлены на совершенствование продуктивных качеств молочного скота отечественных пород, обладающих высоким продуктивным потенциалом и хорошей адаптацией к местным кормовым и хозяйственным условиям [3, 4, 5, 6]. В результате голштинизации отечественной черно-пестрой породы был сформирован значительный массив помесного поголовья скота, имеющий разный уровень продуктивности в разных регионах страны. Молочная продуктивность коров зависит от влияния многих факторов, в том числе от их генотипа и возраста [7]. В селекционной работе со стадом широко используется оценка продуктивности коров в зависимости от их принадлежности к линиям, а также оценка быков-производителей по продуктивности их дочерей. С увеличением возраста коров уровень их молочной продуктивности изменяется, а длительный период их использования в стаде (продуктивное долголетие) обеспечивает увеличение валового производства молока [8, 9].

**Цель исследования** – провести сравнительный анализ молочной продуктивности коров разного возраста и происхождения (их линейной принадлежности) в ООО «Передольское».

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования были проведены в племенном репродукторе ООО «Передольское», расположенного в Батецком районе Новгородской области. Сельскохозяйственное предприятие входит в перечень ведущих животноводческих предприятий области, специализирующихся на разведении крупного рогатого скота черно-пестрой породы. Предприятие располагает необходимой кормовой базой для обеспечения всего поголовья скота кормами собственного производства (сено, силос и сенаж), которые по комплексу признаков отнесены к I (70-80%) и II (20-30%) классам. Условия кормления и содержания крупного рогатого скота являются типичными для большинства хозяйств Новгородской области. Для исследований были использованы материалы зоотехнического и племенного учета продуктивности крупного рогатого скота за последнюю законченную лактацию.

Объектом исследований являлось поголовье голштинизированных коров черно-пестрой породы общей численностью 1044 гол. с законченной лактацией. На момент проведения исследований кровность по голштинской породе в среднем по стаду составляла 43%.

Молочную продуктивность коров за каждую лактацию и в среднем по группе оценивали по удою за 305 сут. лактации (кг), массовой доле жира и белка в молоке (%).

**Результаты исследований.** Молочная продуктивность коров оказывает существенное влияние на продолжительность их использования в стаде, а также позволяет оценить продуктивный потенциал особей в условиях принятой технологии производства молока. В период проведения исследований средняя продолжительность продуктивного использования коров в стаде ООО «Передольское» составляла 2,1 отела. Однако в сложившихся хозяйственных условиях имеются коровы с продуктивным долголетием 10 отелов включительно. В связи с тем что молочная продуктивность коров с увеличением их возраста меняется, был проведен сравнительный анализ показателей продуктивности маток по данным за 305 сут. последней законченной лактации (табл. 2).

Таблица 2. Молочная продуктивность коров разного возраста

Показатель	n	Удой за 305 сут, кг	Массовая доля в молоке, %	
			жира	белка
1-я лактация	449	7433,5±65,5	3,55±0,01	3,03±0,01
2-я лактация	303	8130,1±81,9	3,49±0,02	3,01±0,01
3-я лактация	134	7811,3±80,4	3,51±0,01	3,03±0,01
4-я лактация	52	6730,4±124,2	3,46±0,02	3,02±0,01
5-я лактация	42	4816,9±161,9	3,49±0,02	3,02±0,02
6-я лактация	21	3915,4±259,1	3,62±0,02	3,03±0,01
7-я лактация	21	3780,9±212,0	3,81±0,02	3,01±0,02
8-я лактация и старше	22	3231,2±411,4	3,81±0,01	3,03±0,01
В среднем по группе	1044	7246,4±78,1	3,55±0,01	3,03±0,01
Удой за все лактации при фактической продолжительности использования, кг/гол.		26259,5		
Удой за все лактации при максимальной продолжительности использования, кг/гол.		50952,3		

Из представленного анализа молочной продуктивности коров (табл. 2) можно сделать заключение, что основное поголовье представлено животными в возрасте 1 и 2 отелов – 72,0%, при этом доля полновозрастных особей составляет 28,0%, в том числе коров в возрасте старше 3 отелов – 15,1%. Наличие в стаде коров с длительным периодом продуктивного использования позволяет проводить в стаде селекцию на долголетие как одного из важных хозяйственно-полезных признаков. Следует отметить, что уровень молочной продуктивности значительно колеблется в зависимости от возраста коров. Так, была выявлена тенденция увеличения удоя от 1-й ко 2-й лактации на 9,4%, что можно объяснить комплексом проводимых в хозяйстве мероприятий по целенаправленному выращиванию ремонтного молодняка и организации полноценного раздоя коров. Удой коров-первотелок оказался больше среднего значения по группе на 2,6%, а по 2-й лактации – на 12,2%. В последующем с увеличением возраста коров, по мере их физиологического старения отмечено уменьшение удоя на 3,4-50,6% с наименьшей величиной показателя у особей в возрасте 8 лактаций и старше, составляющим 44,6% от среднего значения по группе. Невысокий уровень удоя у полновозрастных коров, но достаточно длительный период их использования в сложившихся хозяйственных условиях позволяет получить больше молока за весь продуктивный период в 1,9 раза.

В исследуемом стаде поголовье коров отличается невысокой жирномолочностью и низкой белкомолочностью. По важному технологическому свойству молока – массовой доли жира отмечены существенные колебания от 3,46 до 3,81%, которая зависит от величины удоя и в меньшей степени от возраста коров. Так, наибольшее содержание жира в молоке было установлено при наименьшем удое в возрасте старше 6 лактаций. Массовая доля белка в молоке изменялась незначительно, независимо от величины удоя и возраста коров. Этот показатель был меньше требований стандарта черно-пестрой породы.

В селекционной работе со стадом крупного рогатого скота оценку генотипа коров принято проводить по их принадлежности к выдающемуся быку-производителю – родоначальнику линии. Разведение скота по линиям является высшей формой селекционной работы. Успех проводимой селекционной работы может зависеть от использования нескольких линий в стаде. Исследуемое поголовье крупного рогатого скота в ООО «Передольское» принадлежит к следующим ведущим линиям: Вис Бэк Айдиала 1013415, Силинг Трайджун Рокита 252803, Монтвик Чифтейна 95679, Аннас Адема 30587, Висконсина Адмирала Бек Лэда 697789 и Роттерда Пауля 36498. Используемые в стаде линии американской, канадской и голландской селекции.

Проведенный анализ молочной продуктивности коров разного возраста ведущих линий (табл.3) показал, что на величину удоя, содержание в молоке жира и белка оказали влияние быки-производители голштинской породы. Так, максимальный удой был получен от коров-первотелок линий М. Чифтейна 95679 и В.А.Б. Лэда 697789 – 9311,0 и 9043,1 кг соответственно.

Таблица 3. Молочная продуктивность коров разных линий по лактациям

Показатель	Линия					
	ВБА	МЧ	АА	СТР	ВАБЛ	РП
<i>1-я лактация</i>						
п, гол.	26	10	-	160	113	-
Удой, кг	8990,4±40,8	9311,0±11,2	-	6999,2±63,5	9043,1±91,9	-
МДЖ, %	3,60±0,02	3,63±0,03	-	3,53±0,01	3,55±0,01	-
МДБ, %	3,01±0,01	3,02±0,02	-	3,01±0,01	3,04±0,01	-
<i>2-я лактация</i>						
п, гол.	-	47	32	106	43	-
Удой, кг	-	8687,4±35,3	5850,6±57,1	7786,4±55,9	7422,6±65,4	-
МДЖ, %	-	3,55±0,01	3,63±0,03	3,56±0,01	3,63±0,05	-
МДБ, %	-	3,02±0,01	3,08±0,04	3,01±0,01	3,01±0,01	-
<i>3-я лактация</i>						
п, гол.	-	66	29	40	-	-
Удой, кг	-	7981,1±32,4	6858,7±42,2	7586,0±73,1	-	-
МДЖ, %	-	3,54±0,01	3,69±0,03	3,58±0,01	-	-
МДБ, %	-	3,01±0,01	3,12±0,03	3,02±0,01	-	-
<i>4-я лактация</i>						
п, гол.	-	62	-	7	-	4
Удой, кг	-	6922,6±32,2	-	8632,9±108,8	-	7110,8±131,4
МДЖ, %	-	3,53±0,01	-	3,62±0,04	-	3,63±0,03
МДБ, %	-	3,00±0,01	-	3,06±0,04	-	3,08±0,02
<i>5-я лактация</i>						
п, гол.	-	31	-	4	-	3
Удой, кг	-	7866,2±52,9	-	8087,8±109,4	-	6062,7±140,5
МДЖ, %	-	3,57±0,01	-	3,55±0,02	-	3,47±0,03
МДБ, %	-	3,01±0,01	-	3,01±0,01	-	3,00±0,03
<i>6-я лактация и старше</i>						
п, гол.	-	4	16	4	-	19
Удой, кг	-	7379,0±125,9	5006,1±72,8	7901,0±102,4	-	6538,5±68,1
МДЖ, %	-	3,59±0,02	3,49±0,02	3,55±0,03	-	3,59±0,03
МДБ, %	-	3,03±0,02	3,00±0,02	3,01±0,01	-	3,01±0,02

Примечание: ВБА – линия Вис Бэк Айдиала 1013415, МЧ – линия Монтвик Чифтейна 95679, АА – линия Аннас Адема 30587, СТР – линия Силинг Трайджун Рокита 252803, ВАБЛ – линия Висконсина Адмирала Бек Лэда 697789, РП – линия Роттерда Пауля 36498

Коровы, принадлежащие к линиям голштинской породы американской селекции, сохраняют высокий уровень продуктивности до 6-й лактации. Коровы-первотелки линии М. Чифтейна 95679 имели наивысший удой, в последующем до 4-й лактации включительно удой уменьшался на 6,7-13,3% ( $P \leq 0,01$ ). В возрасте 5-ти лактаций удой коров увеличился на 13,6%, но к 6-й лактации уменьшился на 6,2%.

У коров линии Р. Соверинга удой увеличился на 11,2% от 1-й ко 2-й лактации, с незначительным (на 2,3%) его уменьшением к 3-й лактации. Максимальный удой в этой группе был получен у коров по 4-й лактации – 8632,9 кг.

Использование голштинской породы для совершенствования продуктивных качеств черно-пестрого скота в хозяйстве способствовало сокращению поголовья коров, принадлежащих к линиям голландского происхождения, отличающихся длительным периодом продуктивного использования. Так, поголовье полновозрастных коров линии Роттерда Пауля 36498, имевших удой 6062,7-7110,8 кг с 4-й по 9-ую лактации, составило 26 гол. – 4,2% от исследуемого поголовья.

По содержанию жира и белка в молоке между особями разного возраста ведущих линий существенных различий не установлено ( $P \leq 0,05$ ).

Увеличение молочной продуктивности коров тесно связано с отбором, оценкой и интенсивным использованием высокоценных быков-производителей, которые в силу широкого применения в скотоводстве искусственного осеменения оказывают значительное влияние на повышение потенциала продуктивности молочного скота [7, 8, 9, 10]. В связи с этим был проведен сравнительный анализ молочной продуктивности дочерей быков-производителей ведущих линий с наибольшим поголовьем – Силинг Трайджун Рокита 252803, Монтвинк Чифтейна 95679 и Висконсин Адмирала Бек Лэда 697789 (табл. 4).

Таблица 4. Молочная продуктивность дочерей быков-производителей разных линий

Кличка и инд. № быка-производителя	Показатель						
	n, гол.	средний возраст, лакт.	число дойных дней, сут.	удой, кг		МДЖ, %	МДБ, %
				за лактацию	за 305 сут.		
<i>Линия Силинг Трайджун Рокита 252803</i>							
Табун 1277	55	1,7±0,1	393,2±11,3	8949,4±38,4	7575,0±34,3	3,53±0,01	3,01±0,01
Эстамп 776	31	1,8±0,1	386,7±13,9	8252,3±94,7	7084,0±75,0	3,55±0,01	3,01±0,01
Эфрон 1223	24	1,5±0,1	405,2±15,9	8758,5±84,4	7148,2±85,2	3,54±0,01	3,01±0,01
Доллар 693	48	1,4±0,1	368,5±9,2	8769,1±39,6	7633,0±39,1	3,54±0,01	3,02±0,01
<i>Линия Монтвинк Чифтейна 95679</i>							
Базилик 8297	47	2,4±0,1	364,8±8,0	7622,0±59,2	6758,5±59,0	3,58±0,01	3,02±0,01
Беккер 17014	127	2,3±0,1	365,5±4,8	7627,7±22,2	6721,3±26,8	3,56±0,01	3,01±0,01
Мольер 5218	18	1,9±0,1	378,9±14,8	8707,3±109,2	7416,5±88,5	3,56±0,01	3,02±0,01
Турбан 841	15	2,7±0,2	330,5±8,8	6773,0±86,0	6362,2±55,1	3,58±0,01	3,05±0,01
<i>Линия Висконсин Адмирала Бек Лэда 697789</i>							
Маскарад 181	88	1,2±0,1	370,1±8,5	8615,0±91,0	7467,3±99,4	3,56±0,02	3,02±0,01
Милорд 1246	68	1,2±0,1	376,8±10,0	8620,7±82,2	7413,1±73,0	3,55±0,01	3,03±0,01

Результат проведенного сравнительного анализа молочной продуктивности коров разного происхождения (табл. 4) показал, что в зависимости от принадлежности к быкам-производителям разных линий уровень продуктивности их дочерей имеет существенные различия, которые можно успешно использовать в планировании селекционной работы со стадом.

В линии С.Т. Рокита 252803 дочери всех быков-производителей имеют непродолжительный период продуктивного использования, который составляет 1,4-1,8 лактации. Общая продолжительность лактации колеблется в широких пределах от 368,5 до 405,2 сут., при этом удой за всю лактацию превосходит показатель за 305 сут. лактации на 13,0-18,4%. В целом дочери всех быков отличаются высокой молочной продуктивностью, составляющей более 7 тыс. кг молока. В селекционной работе, направленной на улучшение молочной продуктивности коров в стаде племенного репродуктора ООО «Передольское», можно рекомендовать широкое использование быков-производителей Табуна 1277 и

Доллара 693, потомки которых отличаются более высокой продуктивностью.

В группе коров, принадлежащих к линии М. Чифтейна 95679, установлено наибольшее разнообразие продуктивных качеств, что также можно использовать в племенной работе со стадом. Так, особи этой группы, полученные от быков Базилика 8297, Беккера 17014 и Турбана 841, отличались более длительным периодом продуктивного использования – 2,3-2,7 лактации, что превышает средний показатель по стаду на 8,7-22,2%. Однако потомки этих быков отличаются невысокой продуктивностью и уступают по величине удоя за всю лактацию и 305 сут. лактации особям других линий на 7,6-14,8% и 10,2-16,6% соответственно.

Дочери быков-производителей Маскарада 181 и Милорда 1246, принадлежащих к линии В.А.Б. Лэда 697789, отличались наименьшим долголетием – 1,2 лактации, при этом величина удоя за лактацию составила более 8,6 тыс. кг молока. Разность в продуктивности по быкам за всю лактацию и 305 сут. составила 1147,7 кг (13,3%) и 1207,6 кг (14,0%).

По массовой доли жира и белка в молоке у коров, полученных от быков-производителей всех исследуемых линий, колебания составили 3,53-3,58% и 3,01-3,05%, при этом существенных различий между группами не установлено ( $P \leq 0,01$ ).

В отечественной практике ведения селекционной работы со стадом крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, направленной на совершенствование хозяйственно-полезных признаков коров, учитывается комплекс признаков, большинство из которых наследуются от быков-производителей и изменяются в зависимости от влияния разных факторов. Проведенные исследования в стаде племенного репродуктора ООО «Передольское» дополняют и убедительно подтверждают существующие практические рекомендации.

**Выводы.** По результатам проведенных исследований можно сделать заключение, что в стаде ООО «Передольское» проводится целенаправленная селекционная работа на улучшение продуктивных качеств голштинизированного поголовья скота черно-пестрой породы. Уровень молочной продуктивности коров имеет различия в зависимости от их возраста и происхождения. Отмеченные тенденции и закономерности необходимо учитывать в племенной работе со стадом.

### Литература

1. **Национальный доклад** о ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. – М., 2019. – 21 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: [http://government.ru/dep\\_news/37271/](http://government.ru/dep_news/37271/) (дата обращения: 20.09. 2019 г.)
2. **Сафронов С.Л.** Научно-практическое обоснование увеличения производства продукции скота черно-пестрой породы: дис. ... доктора с.-х. наук. – М., 2019. – 304 с.
3. **Мороз М.Т.** Кормление крупного рогатого скота. Контроль полноценности. Обмен веществ. – СПб.: АМА, 2017. – 322 с.
4. **Тюренкова Е.Н., Мороз М.Т., Прошина О.В.** и др. Увеличение продолжительности хозяйственного использования коров и повышение экономической эффективности и конкурентоспособности молочного животноводства в хозяйствах Ленинградской области (Рекомендации). – СПб: Комитет по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области, 2007. – 54 с.
5. **Пристач Н.В., Пристач Л.Н.** Современные проблемы нормированного питания высокопродуктивного молочного скота // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – №4. – С. 186-191.
6. **Вагапова О.А., Пащенко Е.А., Зернина С.Г.** Гематологические показатели телок черно-пестрой породы при использовании БАД Эрамин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – №1(46). – С. 96-100.

7. **Виноградова Н.Д.** Продуктивное долголетие коров как фактор повышения эффективности производства молока // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. профес.-препод. состава. – СПб.: СПбГАУ, 2014. – С. 144-146.
8. **Лебедько Е.Я.** Долголетнее продуктивное использование молочных коров разных экстерьерно-конституциональных типов // Селекционно-генетические и эколого-технологические проблемы повышения долголетнего продуктивного использования молочных коров: сб. науч. тр. – Вып.3. – Брянск: Брянская ГСХА, 2004. – С. 14-19.
9. **Виноградова Н.Д., Падерина Р.В.** Продуктивное долголетие голштиinizированных черно-пестрых коров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – №36. – С. 71-76.
10. **Смирнова М.Ф., Сафронов С.Л.** Эффективность производства молока в хозяйствах с разным уровнем продуктивности коров // Научное обозрение: теория и практика. – 2014. – №4. – С. 24-44.

### Literatura

1. **Nacional'nyj doklad** o hode i rezul'tatah realizacii v 2018 godu Gosudarstvennoj programmy razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya. – М, 2019. – 21 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa URL: [http://government.ru/dep\\_news/37271/](http://government.ru/dep_news/37271/) (data obrashcheniya: 20.09. 2019 g.)
2. **Safronov S.L.** Nauchno-prakticheskoe obosnovanie uvelicheniya proizvodstva produkcii skota cherno-pestroj porody: dis. ... doktora s.-h. nauk. – М., 2019. – 304 s.
3. **Moroz M.T.** Kormlenie krupnogo rogatogo skota. Kontrol' polnocennosti. Obmen veshchestv. – SPb.: AMA, 2017. – 322 s.
4. **Tyurenkova E.N., Moroz M.T., Proshina O.V.** i dr. Uvelichenie prodolzhitel'nosti hozyajstvennogo ispol'zovaniya korov i povyshenie ekonomicheskoy effektivnosti i konkurentosposobnosti molochnogo zhivotnovodstva v hozyajstvah Leningradskoj oblasti (Rekomendacii). – SPb: Komitet po agropromyshlennomu i rybohozyajstvennomu kompleksu Leningradskoj oblasti, 2007. – 54 s.
5. **Pristach N.V., Pristach L.N.** Sovremenny'e problemy` normirovannogo pitaniya vy`sokoproduktivnogo molochnogo skota // Voprosy` normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. – 2018. – №4. – S. 186-191.
6. **Vagapova O.A., Pashchenko E.A., Zernina S.G.** Gematologicheskie pokazateli telok cherno-pestroj porody pri ispol'zovanii BAD Eramin // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – №1(46). – S. 96-100.
7. **Vinogradova N.D.** Produktivnoe dolgoletie korov kak faktor povysheniya effektivnosti proizvodstva moloka // Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah reformirovaniya: sb. nauch. tr.po mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. profes.-prepod. sostava. – SPb.: SPbGAU, 2014. – S. 144-146.
8. **Lebed'ko E.Ya.** Dolgoletnee produktivnoe ispol'zovanie molochnyh korov raznyh ekster'erno-konstitucional'nyh tipov // Selekcionno-geneticheskie i ekologo-tekhnologicheskie problemy povysheniya dolgoletnego produktivnogo ispol'zovaniya molochnyh korov: sb. nauch. tr. – Vyp.3. – Bryansk: Bryanskaya GSHA, 2004. – S. 14-19.
9. **Vinogradova N.D., Paderina R.V.** Produktivnoe dolgoletie golshtinizirovannyh cherno-pestryh korov // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – №36. – S. 71-76.
10. **Smirnova M.F., Safronov S.L.** Effektivnost' proizvodstva moloka v hozyajstvah s raznym urovnem produktivnosti korov // Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika. – 2014. – №4. – S. 24-44.

УДК 637.33:637.3.05

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14086

Доктор с.-х. наук **О.В. ГОРЕЛИК**  
(ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, olgao205en@yandex.ru)

Доктор с.-х. наук **Н.А. ФЕДОСЕЕВА**  
(ФГБОУ ВО РГАЗУ, nfedoseeva0208@yandex.ru)

Канд. ветеринар. наук **И.В. КНЫШ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, ikgau@mail.ru)

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КАЧЕСТВО СЫЧУЖНЫХ СЫРОВ ИЗ МОЛОКА КОРОВ РАЗНЫХ ПОРОД

Сыр является источником незаменимых аминокислот, таких как: метионин, триптофан и лизин. Молочный белок содержит около 20 аминокислот, из них 8 – это незаменимые, а белок сыра содержит аминокислоты, которые подобны белкам органов и тканей человека. Для человека такие белки наиболее полезны [1-5]. Молочные продукты, особенно сыры – это просто кладезь витаминов группы А, D, E, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>12</sub>, С, РР [6].

В связи с экономической ситуацией в России производство качественных сыров в Уральском регионе является актуальной задачей. При этом крупные перерабатывающие предприятия ориентируются на производство сортов сыра массового потребления, а фермерские хозяйства дают потребителю качественный крафтовый сыр из молока собственного производства.

**Целью исследований** явилась технология производства и качество сычужных сыров из молока коров разных пород в условиях цеха по сыроварению.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Качественные показатели сыра оценивались по общепринятым методам и методикам. Технологический опыт по выработке сыра Гауда проводили в 3-кратной повторности.

**Результаты исследований.** Основными технологическими операциями при производстве сычужных сыров являются:

1. *Нормализация молока по жиру и белку.* Процесс нормализации молока – это составление смеси обезжиренного молока и цельного молока. Нормализация молока проводится при температуре 35-45°C. Нормализация молока учитывает белок молока, жирность молока и требуемую жирность в готовом сыре. Исходя из этих данных рассчитывается и готовится смесь. Нормализация молока необходима для того, чтобы получить сыр с требуемыми органолептическими и физико-химическими показателями.

2. *Пастеризация смеси.* Оптимальная температура пастеризации молока для выработки сыра – 72°C с выдержкой 15-20 секунд. Такой режим пастеризации убивает патогенную микрофлору в молоке, при этом практически не разрушая белки молока. Максимальная температура пастеризации молока для выработки сычужного сыра – 75°C. Если молоко пастеризовать температурой выше указанного значения, тогда в молоке начнет разрушаться белок, в связи с этим стусток получится очень слабый, а в процессе вымешивания зерна будет много «сырной пыли» и, следовательно, уменьшится выход готового сыра, так как часть казеина уйдет в сыворотку.

Пастеризация при температуре ниже 72°C не будет гарантировать отсутствие патогенной микрофлоры в молоке. Например, бактерии группы кишечной палочки погибают в молоке за 15 секунд при температуре 72°C.

3. *Восстановление солей кальция.* В процессе пастеризации в молоке нарушается баланс кальция. Для того чтобы восстановить баланс, в молоко вносят раствор кальция.

4. *Внесение заквасочных культур.* Заквасочные культуры необходимы для придания сыру необходимых вкусовых качеств, которые характеризуют тот или иной вид сыра. Заквасочные культуры бывают:

- мезофильные (работают при низких температурах);
- термофильные (работают при высоких температурах);

- мезо-термофильные;
- ароматообразующие.

5. *Внесение фермента.* Для производства твердых сыров используется сычужный фермент. Сычужный фермент – это четвертый отдел желудка млекопитающих. Наиболее качественным и дорогим считается сычуг новорожденных телят. Сычужный фермент коагулирует основной белок молока – казеин, образуя сгусток.

6. *Разрезка сгустка и постановка зерна.* После внесения фермента, спустя 30-40 минут, сгусток проверяют на готовность. Опытные сыровары делают это самыми различными способами: от французского способа капать каплю воды на сгусток до классического и распространенного способа проверки сгустка на «чистый» излом.

После готовности сгустка, его разрезают на кубики: крупные – для сыров с низкой температурой второго нагревания (например, Гауда) и мелкие – для сыров с высокой температурой второго нагревания (например, Маасдам).

После разрезки сгустка кубики продолжают вымешивать для образования зерна. Обычно процедура постановки зерна занимает 20-30 минут. Зерно к концу этой операции должно быть диаметром 7-8 мм.

7. *Промывка зерна.* Опциональная процедура. Промывка сырного зерна – процесс удаления определенного количества сыворотки и внесение определенного количества пастеризованной воды. Промывка зерна нужна для того, чтобы затормозить кислотообразование в процессе варки сыра. Когда мы удаляем сыворотку, мы лишаем микроорганизмы основной пищи – лактозы, которую они преобразуют в молочную кислоту.

8. *Второе вымешивание.* Второе вымешивание необходимо для окончательной обсушки зерна. Для некоторых видов сыров второе вымешивание сопровождается вторым нагревом. Нагрев нужен для большей обсушки зерна. Также при нагреве работают термофильные закваски.

9. *Формование.* Процесс формования сыра бывает: из пласта (для сыров с закрытой текстурой без глазков, например Гауда) и насыпью (для сыров Российской группы).

При формовании сыра «из пласта» сырная масса в конце вымешивания некоторое время оседает и подпрессовывается под слоем сыворотки. Затем пласт нарезается на блоки и раскладывается по формам.

При формовании сыра насыпью сырная масса вместе с сывороткой подается по формам. Сыворотка уходит сквозь отверстия в формах, а сырная масса остается в формах.

10. *Самопрессование и прессование сыра.*

Самопрессование – необходимая операция при производстве сыров. Данная операция нужна для удаления свободной влаги из сыра. Самопрессование – процесс выдерживания сырной массы в формах без оказываемого давления на нее. Процесс в среднем длится 10-15 минут.

Прессование сыра. Прессование сыра – процесс, при котором сырная масса в формах подвергается дополнительному давлению, для того чтобы удалить лишнюю влагу из сыра. Важно подобрать правильное прессование, так как от этого зависит вкус и вид конечного продукта – сыра.

11. *Посолка сыра* – необходима для придания сыру нужных вкусовых качеств. Посолка бывает:

- посолка в зерне;
- частичная посолка в зерне. Характерна для сыра Российский. Это необходимо, чтобы удержать влагу в сыре;
- в рассоле. Классический вариант для большинства сыров (концентрация соли 20-22 %, температура рассола 10-12°C);
- сухой посол. Характерен для сыра Камамбер.

12. *Обсушка сыра.* Обсушка происходит в специальных камерах при температуре 8-10°C. Сыр находится в этих камерах до образования корки, 2-3 суток.



13. *Созревание сыра.* Процесс созревания сыра – очень важный процесс, так как в ходе созревания у сыра появляются нужные ему вкусовые качества. Во время созревания очень важно ухаживать за сырами, протирать корку соевым раствором и переворачивать сыр для равномерного созревания. Большинство сыров созревают в камерах при температуре 12°C и влажности 85%. Но для некоторых сыров, например Маасдама, необходима теплая фаза созревания. Для этого сыры помещают в специальные бродильные камеры, с температурой 18-20°C и влажностью 85%. Нахождение сыра в бродильных камерах формирует у сыра вкус и внешний вид. А именно при производстве Маасдама добавляются пропионовокислые бактерии. В бродильной камере эти бактерии активно работают и образуют углекислый газ внутри сыра и, следовательно, в сыре появляются большие «дырки».

14. *Упаковка и хранение.* После созревания сыр упаковывают в вакуум или в латекс и хранят при температуре 2-4°C.

В КФХ «Никольская слобода» вырабатывается большой ассортимент сычужных сыров:

*Гауда.* Голландский сыр вырабатывается из коровьего молока. Гауда бывает 50%, 45%, 40% жирности и обезжиренная – 30% жирности. Особенности технологии: данный сыр вырабатывается с промывкой сырного зерна, формирование из «пласта».

*Лейденский.* Голландский сыр, разновидность Гауды. Особенности: по технологии схож с Гаудой, но в Лейденский сыр добавляется отвар и зерна тмина.

*Маасдам.* Сыр голландской группы в швейцарском стиле. Голландцам очень понравился сыр Эмменталь, швейцарский сыр, и они решили сделать что-то наподобие, получился Маасдам – сыр с характерными большими «дырками» и сладковато-ореховым вкусом. Особенности: второй нагрев при высоких температурах, формируется «из пласта», в процессе созревания 20 дней выдерживается в бродильной камере.

*Чеддер.* Твердый английский сыр со сливочным пикантным вкусом. Особенности: после вымешивания зерно подпрессовывается, образуя пласт. Этот пласт подвергается процессу «чеддеризации» – выдерживание пласта при высоких температурах с целью нарастания нужной кислотности и придания пласту слоисто-волоконистой структуры «куриной грудки». Добившись нужной кислотности пласт измельчается на кубики, которые солят сухой солью, закладывают в формы и прессуют. Прессуют Чеддер под высоким давлением. Данный этап характеризует английский сыр Чеддер и придает ему неповторимые вкусовые достоинства.

*Красный Виндзор, Портер, Дерби с портвейном.* Данные сыры – разновидности английского сыра Чеддер. Отличительная особенность: перед формированием в сырные кубики добавляются напитки, что придает сырам индивидуальные вкусовые качества и мраморность на срезе. Для Красного Виндзора добавляется красное вино, придает фруктовое послевкусие, для сыра Портер – темное нефильтованное пиво, для сыра Дерби – портвейн, придает кремовый цвет.

Нами были изготовлены образцы сыра Гауда из молока коров айрширской и голштинской пород. Данные по особенностям производства сыра из молока коров разных пород представлены в табл. 1.

Таблица 1. Технологические операции при производстве сыра Гауда

Технологическая операция	Нормативные показатели	Айрширская порода	Голштинская порода
Составление смеси	Индивидуально, учитывают жирность молока и содержание белка	Жирность смеси 3,95%, молока 73,8% и обезжиренного молока 26,2%	Жирность смеси 3,77%, молока 82,3% и обезжиренного молока 17,7 %
Пастеризация	t 72°C, выдержка 20 секунд, охлаждение до t 32°C	t 72°C, выдержка 20 секунд, охлаждение до t 32°C	t 72°C, выдержка 20 секунд, охлаждение до t 32°C

Продолжение таблицы 1

Восстановление кальция, активация заквасок	10-20 г на 100 кг смеси	Кальций 15 г/100кг смеси. Закваски DaniscoММ 100, BiochemLP. Внесли, промешали. Активация 40 минут	Кальций 15 г/100кг смеси. Закваски DaniscoММ 100, BiochemLP. Внесли, промешали. Активация 40 минут
Внесение сычужного фермента. Ферментация.	Опытным путём получили оптимальную дозировку фермента 2,6 г на 100 кг смеси	Фермент daniscocarlina 1650. Флокуляция за 12 минут. Готовность к разрезке за 36 минут	Фермент daniscocarlina 1650. Флокуляция за 14 минут. Готовность к разрезке за 42 минуты
Разрезка сгустка (длительность образования сгустка)	Ферментация должна составлять 30-45 минут. Оптимально 36 минут	Спустя 36 минут сгусток плотный, хороший и готов к разрезке	Спустя 42 минуты сгусток плотный, хороший и готов к разрезке
Постановка зерна	20-30 минут	30 минут	30 минут
Промывка зерна	Внесение воды в течение 5-10 минут. Нагрев до t 36-38°C. Допускается до 42°C. При нормальном развитии кислотности, сливается 30% сыворотки и вносится 15% воды t 75°C	Слили 30% сыворотки, влили 15% горячей пастеризованной воды. Нагрели до t 38°C водой	Слили 30% сыворотки, влили 15% горячей пастеризованной воды. Нагрели до t 38°C водой
Сушка зерна	25-30 минут	Вымешивали 30 минут. Зерно плотное, упругое, клейкость хорошая	Вымешивали 40 минут. Зерно в конце вымешивания плотное, упругое и клейкое (через 30 минут зерно было слабое и рыхлое)
Подпрессовка зерна в сыворотке	15-20 минут. рН в конце подпрессовки 6,23-6,29	20 минут, рН 6,25. Пласт хороший плотный	25 минут, рН 6,28. Пласт хороший плотный (через 20 минут пласт был немного рыхлым)
Прессование	Ступенчатое, от 0,5 до 2,0 бар. 2,5 часа. рН в конце 5,3-5,7	Ступенчатое, от 0,5 до 2,0 бар. 2,5 часа. рН в конце 5,4. Головка замкнутая, ровная, плотная	Ступенчатое, от 0,5 до 2,0 бар. 2,5 часа. рН в конце 5,6. Головка замкнутая, ровная, плотная
Посолка	Рассол 20%, t 12°C. Солим 10 часов на 1 кг сырной массы	Рассол 20%, t 12°C. Солим 10 часов на 1 кг сырной массы	Рассол 20%, t 12°C. Солим 10 часов на 1 кг сырной массы
Обсушка	В камере сушки температура 12°C, влажность 80%. Сыр сушился до образования корочки 3-5 суток	В камере сушки температура 12°C, влажность 80%. Сыр сушился до образования корочки 3 суток	В камере сушки температура 12°C, влажность 80%. Сыр сушился до образования корочки 5 суток
Созревание	В камере с температурой 12 °С и влажностью 80%, от 2-х месяцев	В камере с температурой 12 °С и влажностью 80%, 2 месяца	В камере с температурой 12 °С и влажностью 80%, 2 месяца

В процессе производства сыра важным показателем является активная кислотность, измеряемая в единицах рН. Составим таблицу, чтобы наглядно увидеть рост кислотности в процессе производства сыра Гауда.

Исходя из данных табл. 2, можно сделать вывод, что рост кислотности в процессе производства сыра Гауда в обоих случаях шел без отклонений.

Таблица 2. **Нарастание кислотности при производстве сыра Гауда**

Технологическая операция	Нормативные показатели, рН	Молоко айрширов, рН	Молоко голштинов, рН
Составление смеси	6,6-6,8	6,75	6,67
Пастеризация	6,5-6,6	6,6	6,55
Восстановление кальция, активация заквасок	6,5-6,6	6,6	6,55
Внесение сычужного фермента. Ферментация.	6,45-6,55	6,5	6,48
Разрезка сгустка (длительность образования сгустка)	6,45-6,55	6,5	6,48
Постановка зерна	6,45-6,55	6,5	6,48
Промывка зерна	6,45-6,55	6,5	6,48
Сушка зерна	В конце 6,4-6,5	6,4	6,45
Подпрессовка зерна в сыворотке	В конце 6,23-6,29	6,25	6,28
Прессование	5,3-5,7	5,4	5,6
Посолка	5,3-5,4	5,3	5,3
Обсушка	5,3-5,4	5,3	5,3
Созревание	Через 2 месяца 5,2-5,4	5,2	5,2

Оценка качества сычужных сыров проводится в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» от 9 октября 2013 года № 67 [7] (табл. 3).

Таблица 3. **Требования к сырам при балльной оценке**

№	Наименование показателя	Органолептические показатели сыра
1	Внешний вид	Корка ровная, тонкая, без повреждений и тонкого подкоркового слоя, покрытая парафиновыми, полимерными, комбинированными составами или полимерными пленками под вакуумом, плотно прилегающими к поверхности сыра. Поверхность сыра чистая
2	Вкус и запах	Выраженный сырный, слегка кисловатый, без посторонних привкусов и запахов
3	Консистенция	Тесто нежное, пластичное, однородное по всей массе. Допускается слегка плотное тесто
4	Рисунок	На разрезе сыр имеет закрытую структуру без глазков (небольшое количество глазков допускается)
5	Цвет теста	От светло-желтого до желтого, равномерный по всей массе

Таблица 4. **Балльная оценка сыров**

Наименование показателя	Максимальная оценка (баллы)
Вкус и запах	45
Консистенция	25
Рисунок	10
Цвет	5
Внешний вид	10
Упаковка и маркировка	5
Итого	100

Органолептические исследования – самый доступный и универсальный метод оценки качества продуктов, позволяющий оценивать экспрессно и комплексно [9, 10]. По органолептическим показателям была проведена оценка полученных сыров, результаты которой отражены в табл. 5.

Таблица 5. Органолептика полученных сыров Гауда

№	Наименование показателя	Сыр из молока от коров голштинской породы	Сыр из молока от коров айрширской породы
1	Внешний вид	Корка ровная, тонкая, без повреждений и тонкого подкоркового слоя. Поверхность сыра чистая	Корка ровная, тонкая, без повреждений и тонкого подкоркового слоя. Поверхность сыра чистая
2	Вкус и запах	Выраженный сырный, без посторонних привкусов и запахов	Выраженный сырный, без посторонних привкусов и запахов
3	Консистенция	Тесто нежное, непластичное, однородное по всей массе	Тесто нежное, пластичное, однородное по всей массе
4	Рисунок	На разрезе сыр имеет закрытую структуру без глазков	На разрезе сыр имеет закрытую структуру без глазков
5	Цвет теста	Бледно-желтый, равномерный по всей массе	Желтый, равномерный по всей массе

Согласно данным табл. 5, можно сказать, что из молока, полученного от коров айрширской породы, сыр Гауда по качеству превосходит тот же сыр, но сваренный из молока, полученного от голштинской породы коров. Из 100 возможных баллов сыр Гауда из молока коров айрширской породы набрал 95 баллов, а из молока коров голштинской породы – 88 баллов. Качество сыров в обоих случаях является хорошим.

Комплексная органолептическая оценка качества твердых сыров дала следующие результаты: все объекты исследований отвечают требованиям соответствующей нормативно-технической документации, а именно Техническому регламенту Таможенного союза 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», ГОСТу Р 52686-2006 «Сыры. Технические условия», ГОСТу 11041-88 «Сыр Российский. Технические условия» и ГОСТу 7616-85 «Сыры сычужные твердые. Технические условия». В пробах не были обнаружены признаки порчи и какие-либо дефекты.

**Вывод.** Соблюдение технологии производства сычужных сыров на базе фермерского хозяйства «Никольская Слобода» позволяет получать качественные крафтовые экзотические сыры, а индивидуальный подход в производстве – адаптировать технологию сыроварения ко вкусам российского потребителя.

Порода крупного рогатого скота также оказывает влияние на качественные показатели готовых продуктов при переработке молока, а именно сыра.

### Литература

1. **Шувариков А.С.** Использование современных факторов в повышении качества молока // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2 (288). – С. 371–374.
2. **Шавшукова Н.Е., Ряпосова М.В., Тарасенко М.Н.** Содержание соматических клеток в молоке коров черно-пестрой породы на разных стадиях лактации // Актуальные проблемы и вопросы ветеринарной медицины и биотехнологии в современных условиях развития: сб. научн. тр. / Самарская ГСХА. – Кинель, 2016. – С. 207–212.

3. **Горелик О.В.** Влияние генотипа коров на технологические свойства молока // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, животноводства, товароведения, общественности и подготовки кадров на южном урале на рубеже веков: сб. научн. тр. / Уральская гос. академия ветеринарной медицины. – Троицк, 2000. – С. 195-196.
4. **Донник И.М., Мымрин В.С., Лоретц О.Г., Лиходеевская О.Е., Барашкин М.И.** Влияние инбридинга на молочную продуктивность, качество молока и воспроизводительную способность коров // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 5. – С. 15–19.
5. **Воторопина М.В.** Технологические свойства молока коров черно-пестрой породы голландской и отечественной селекции//Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 97. – С. 1-11.
6. **Лоретц О.Г., Матушкина Е.В.** Влияние генотипа каппа-казеина на технологические свойства молока// Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 3 (121). – С. 23-26.
7. **Лоретц О.Г.** Молочная продуктивность и технологические свойства молока различных генотипов по каппа-казеину//Ветеринария Кубани. – 2014. – №2. – С. 6-8
8. **ТР ТС 033/2013** Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»// Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. - [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/499050562> (дата обращения: 12.05.2019).
9. **Радеева И.А.** Роль органолептического анализа в оценке качества молока в молочной продукции // Переработка молока. – 2007. – №5. – С. 18-20.
10. **Ожгихина Н.Н., Тетерева Л.Н.** Роль органолептической оценки в установлении качества молочных продуктов // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – №5. – С. 22.

#### Literatura

1. **SHuvarikov A.S.** Ispol'zovanie sovremennykh faktorov v povyshenii kachestva moloka//Doklady Timiryazevskoy sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2016. – № 2 (288). – С. 371–374.
2. **SHavshukova N.E., Ryaposova M.V., Tarasenko M.N.** Soderzhanie somaticheskikh kletok v moloke korov cherno-pestroj porody na raznykh stadiyakh laktacii // Aktual'nye problemy i voprosy veterinarnoj mediciny i biotekhnologii v sovremennykh usloviyakh razvitiya: sb. nauchn. tr. / Samarskaya GSKHA. – Kinel', 2016. – С. 207–212.
3. **Gorelik O.V.** Vliyanie genotipa korov na tekhnologicheskie svojstva moloka // Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny, zhivotnovodstva, tovarovedeniya, obshchestvoznaniya i podgotovki kadrov na yuzhnom urale na rubezhe vekov: sb. nauchn. tr. / Ural'skaya gos.akademiya veterinarnoj mediciny. – Troick, 2000. – С. 195-196.
4. **Donnik I.M., Mymrin V.S., Loretc O.G., Lihodeevskaya O.E., Barashkin M.I.** Vliyanie inbridinga na molochnuyu produktivnost', kachestvo moloka i vosproizvoditel'nyuyu sposobnost' korov // Agrarnyj vestnik Urala. – 2013. – № 5. – С. 15–19.
5. **Votoropina M.V.** Tekhnologicheskie svojstva moloka korov cherno-pestroj porody gollandskoj i otechestvennoj selekcii//Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2014. – № 97. – С. 1-11.
6. **Loretc O.G., Matushkina E.V.** Vliyanie genotipa kappa-kazeina na tekhnologicheskie svojstva moloka// Agrarnyj vestnik Urala. – 2014. – № 3 (121). – С. 23-26.
7. **Loretc O.G.** Molochnaya produktivnost' i tekhnologicheskie svojstva moloka razlichnykh genotipov po kappa-kazeinu//Veterinariya Kubani. – 2014. – №2. – С. 6-8
8. **ТР ТС 033/2013** Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti moloka i molochnoj produkcii»// Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoy dokumentacii. - [Elektronnyj resurs] URL: <http://docs.cntd.ru/document/499050562> (data obrashcheniya: 12.05.2019).
9. **Radeeva I.A.** Rol' organolepticheskogo analiza v ocenke kachestva moloka v molochnoj produkcii // Pererabotka moloka. – 2007. – №5. – С. 18-20.
10. **Ozhgihina N.N., Tetereva L.N.** Rol' organolepticheskoy ocenki v ustanovlenii kachestva molochnykh produktov // Syrodelle i maslodelle. – 2009. – №5. – С. 22.

УДК 636.32/38

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14093

Доктор с.-х. наук **А.Х. ХАЙТОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, khaitov47@mail.ru)  
Доктор биол. наук **У.Ш. ДЖУРАЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, dzuraeva\_59@mail.ru)

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ И ГАЗОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА У ОВЕЦ

Одной из задач выявления и оценки генофонда пород овец является изучение приспособленности их к специфическим условиям разведения в экстремальных условиях отгонно-пастбищного содержания с длительными сезонными кочевками, которые предъявляют к организму животных повышенные требования. Сохранение здоровья и высокой продуктивности в значительной степени зависит от устойчивости организма животных к неблагоприятным факторам среды обитания. Одним из таких факторов является высокая температура воздуха, которая вместе с интенсивной солнечной инсоляцией отрицательно влияет как на продуктивность животных, так и на их общее состояние [1-4].

Известно, что состояние гомотермии устанавливается в первые дни после рождения животного и обеспечивается сложной системой приспособительных механизмов, направленных на его сохранение, несмотря на изменения во внешней среде и сдвиги, возникающие в процессе жизнедеятельности органов и тканей.

Сроки рождения молодняка овец в условиях отгонно-пастбищного содержания обычно приходятся на период, когда наступает закономерное повышение температуры окружающего воздуха. Исследование терморегуляции с момента рождения представляется важным ещё и потому, что в условиях перегревания интенсивность роста молодняка заметно снижается и это оказывает влияние на формирование его продуктивных качеств.

Формирование физиологических механизмов, обеспечивающих приспособление к питанию и условиям внешней среды, у различных пород животных даже одного вида протекает неодинаково [5-7].

**Цель исследования** – изучить особенности формирования терморегуляции и газоэнергетического обмена у культивируемых в Таджикистане пород овец в естественных условиях их содержания.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Наблюдения проведены на ярочках гиссарской, таджикской, джайдара, каракульской пород и памирских тонкорунных овец в условиях экспериментального хозяйства «Дагана-Киик». Для исследования сформированы группы животных по 12 голов каждой породы от маток первого ягнения. Утром в тени при аналогичных температурах среды на 1, 3, 5, 10, 20, 30, 60, 120 и 180-й день жизни. У них определялись живая масса, клинические показатели (частота дыхания, частота пульса, температура тела) и легочное дыхание (вентиляция легких, глубина дыхания). Общий дыхательный газообмен изучался масочным методом, анализ выдыхаемого воздуха проводился в газоанализаторе Холдена [4].

**Результаты исследований.** Анализ возрастной динамики живой массы выявил существенные породные различия, которые сохраняются на всем протяжении роста и развития животных. При рождении наибольшей крупностью ( $4,9 \pm 0,27$ ) характеризовались ярочки гиссарской породы, у таджикских живая масса ниже на 10,2%. У джайдары, каракульских и тонкорунных она еще более снижается, составляя от соответствующего показателя гиссарских сверстниц 81,6%, 75,5 и 69,4%. Наблюдаемая закономерность обусловлена генетическими возможностями исследуемых пород к крупноплодности.

В последующие возрастные периоды эта закономерность, сохраняясь в целом, подвергается существенной корректировке в зависимости от энергии роста, присущей животным разных пород на определенных этапах онтогенеза. Так, на 20-е сутки жизни

ярочки таджикской породы по абсолютной живой массе догоняют гиссарских ( $9,1 \pm 0,43$ ), а соответствующие показатели ярочек породы джайдара на 17,6%, каракульской – на 30,8 и тонкорунных на 25,3% ниже, чем у гиссарских и таджикских сверстниц.

К 6-месячному возрасту генетические особенности пород проявились уже достаточно отчетливо. Наиболее мелкими оказались ярочки каракульской породы ( $22,5 \pm 0,57$ ), живая масса их тонкорунных сверстниц была на 4,9%, джайдары – на 25,3, таджикских – на 29,3 и гиссарских – на 48,9% выше.

Скорость роста молодых животных, обуславливаемая генотипом, питанием и условиями внешней среды, в значительной степени определяет интенсивность обмена веществ и энергии.

Важным показателем приспособления животных к условиям внешней среды является характер легочного дыхания. В поддержании постоянства температуры тела частота и глубина дыхания, относящиеся к механизмам физической терморегуляции, часто имеют доминирующее значение.

Наблюдениями установлено наличие породных и возрастных особенностей, определяющих частоту дыхания и величину легочной вентиляции. В частности, в процессе роста и развития у животных различной породной принадлежности закономерно снижается частота дыхания, причем более частое дыхание в начальной стадии молочного периода онтогенеза отмечается у таджикских и тонкорунных ярочек (табл.1). К месячному возрасту у ягнят гиссарской и таджикской пород отмечается снижение частоты дыхания на 11-16, а у джайдары, каракульских и тонкорунных на 25-27% ( $P \geq 0,01$ ). Резкое урежение ритма дыхания отмечено у ягнят гиссарской породы, начиная с 2-месячного возраста.

На летних пастбищах на высоте 2350 м у молодняка в возрасте 4-х месяцев происходит снижение частоты дыхания. Снижаясь у гиссарских и тонкорунных ярочек в 2 раза по сравнению с исходной величиной при рождении, у животных остальных пород понижение ритма дыхательных движений составляет 44-46%.

В полугодовалом возрасте, на осенних пастбищах в долине, у животных всех пород отмечается самая редкая частота дыхания, хотя и здесь у таджикских и тонкорунных она выше, чем у каракульских, на 8,7 и 21,7%, на 13,6 и 27,3%, чем у гиссарских, и на 19,0 и 33,3%, чем у джайдары.

Наблюдения за динамикой легочной вентиляции и глубины дыхания показали, что у животных различной породной принадлежности с возрастом происходит их увеличение, причем до отгона на летние пастбища эти показатели оказались более высокими у гиссарских и таджикских ярочек. Наиболее низких величин к этому возрастному периоду достигают легочная вентиляция и глубина дыхания у животных каракульской породы и тонкорунных овец. Ярочки породы джайдара занимают по этим показателям промежуточное положение. Надо отметить, что пребывание на горных пастбищах существенно не влияло на увеличение объема легочной вентиляции у гиссарских и таджикских ярочек, тогда как у джайдары она возросла на 9,1%, у тонкорунных – на 5,0 и у каракульских ярочек – на 12,5%.

Это объясняется тем, что для гиссарских и родственных им по происхождению таджикских овец средние высоты являются обычной средой обитания. Этого нельзя сказать о животных типично равнинной каракульской породы.

С возрастом у ягнят всех пород увеличивается глубина дыхания. Особенно заметно возрастает объем выдоха с 2-месячного возраста. При этом овцы курдючных пород во все возрастные периоды характеризуются наиболее глубоким дыханием, нежели каракульские и тонкорунные.

Взросшая глубина и урежение дыхания на летних горных и осенних пастбищах к 6-месячному возрасту, вероятно, обусловлены и более низкими среднесуточными температурами окружающего воздуха за счет ночной прохлады.

Таблица 1. Изменение легочного дыхания ярок

Возраст, сутки	Породы овец				
	гиссарская	таджикская	джайдара	каракульская	тонкорунные
<i>Частота дыхания, в мин.</i>					
1	66,2±3,96	72,8±2,14	64,87±2,65	60,9±2,00	71,1±2,71
3	65,0±3,24	68,1±2,64	59,2±2,98	60,4±2,53	67,4±2,54
5	62,8±3,56	67,1±3,85	55,2±1,53	56,7±2,05	63,2±1,83
10	62,7±2,26	67,6±5,20	55,4±1,81	52,2±2,15	62,4±1,25
20	60,5±2,66	61,0±3,14	52,5±1,76	46,9±1,09	56,1±1,42
30	59,2±3,78	61,3±6,73	48,6±1,46	45,3±2,36	52,2±1,68
60	32,4±1,06	40,7±4,62	34,9±1,89	33,2±1,57	34,3±1,79
120	41,7±2,43	53,0±2,63	44,6±1,62	39,6±1,15	46,2±1,85
180	21,8±1,04	24,6±1,64	20,6±0,82	22,8±0,76	27,6±2,24
<i>Легочная вентиляция, л/мин.</i>					
1	2,8±0,22	2,4±0,10	2,2±0,10	1,8±0,07	2,0±0,28
3	3,1±0,20	3,1±0,20	2,4±0,09	2,2±0,15	2,4±0,18
5	3,4±0,17	3,6±0,24	2,4±0,06	2,3±0,26	2,4±0,13
10	3,5±0,20	3,8±0,24	2,7±0,07	2,4±0,10	2,6±0,12
20	3,6±0,13	4,0±0,24	2,9±0,12	2,7±0,12	2,7±0,18
30	4,0±0,15	4,4±0,39	3,4±0,18	2,9±0,19	2,7±0,09
60	4,8±0,36	6,2±0,23	4,4±0,21	4,0±0,20	4,0±0,11
120	4,7±0,15	6,1±0,51	4,8±0,24	4,5±0,30	4,2±0,36
180	4,7±0,09	5,7±0,31	4,4±0,25	3,9±0,18	3,8±0,54
<i>Глубина дыхания, мл</i>					
1	44,2±3,90	32,5±1,61	34,6±1,29	29,1±1,24	31,8 1,91
3	49,3±3,66	47,1±3,31	40,3±1,08	36,7±1,66	35,2±1,64
5	54,8±2,35	55,1±3,63	42,5±1,93	42,3±2,44	38,8±1,44
10	57,6±3,04	58,2±3,42	48,2±0,86	45,8±2,04	44,7±1,27
20	59,6±2,06	65,6±2,17	54,8±3,42	57,2±2,20	49,1±2,00
30	69,4±3,46	72,4±3,13	70,6±2,58	66,4±1,82	56,6±1,92
60	116,2±3,56	119,0±4,36	99,7±4,45	97,6±3,66	88,3±5,49
120	146,3±3,71	149,9±9,11	136,8±2,87	135,4±4,34	126,1±8,38
180	216,4±5,66	226,2±11,52	214,8±8,15	172,0±7,91	143,2±10,07

Таблица 2. Изменение клинических показателей и легочного дыхания ярок

Порода овец	Условия опыта	Частота дыхания, в мин.	Легочная вентиляция, л/мин.	Глубина дыхания, мл	Частота пульса, мин.	Температура тела, °С
Гиссарская	утро(в тени)	32,4±1,06	4,7±0,15	146,3±3,7	96,7±4,4	39,3±0,09
	день (на солнце)	55,7±3,66	7,6±0,59	137,6±4,2	102,3±3,1	39,7±0,06
Таджикская	утро(в тени)	40,7±4,62	6,1±0,51	149,9±9,1	97,9±1,9	39,4 0,06
	день (на солнце)	78,9±3,52	9,1±0,45	120,4±4,4	114,4±3,3	39,7±0,06
Джайдара	утро(в тени)	34,9±1,89	4,8±0,24	136,8±2,9	103,4±2,3	39,7±0,10
	день(на солнце)	64,5±2,47	8,3±0,62	130,5±10,5	116,6±3,1	39,8±0,11
Каракульская	утро(в тени)	33,2±1,57	4,5±0,30	135,4±4,3	99,4±3,4	39,4±0,11
	день (на солнце)	65,2±5,55	9,6±0,90	146,4±6,2	113,3±5,0	40,0±0,13
Тонкорунная	утро(в тени)	34,3±1,79	4,2±0,36	126,1±8,4	106,3±3,4	9,5±0,07
	день (на солнце)	90,2±2,78	11,6±0,80	123,6±6,9	113,8±4,1	40,3±0,11



Анализируя динамику частоты пульса у ягнят с возрастом, следует отметить, что этот показатель обладает значительной изменчивостью. Вообще для ягнят 4-5 месяцев характерна резкая возбудимость сердечной деятельности, которая является ответной реакцией даже на незначительную работу, совершаемую ягненком.

Проведенные на протяжении 6-ти месяцев наблюдения свидетельствуют о постепенном снижении частоты сердечных сокращений у ярок с возрастом на 40-50%.

Согласно полученным данным, ягнята всех изучаемых пород с первого дня жизни способны поддерживать температуру тела, характерную для взрослых животных.

Часовая экспозиция 4-месячных ярок на открытой солнечной площадке при температуре 25-27<sup>0</sup>С оказывает значительное воздействие на организм животных (табл.2).

Частота дыхания у гиссарских, джайдара и таджикских ягнят возросла на 75-77, а у каракульских на 97%. Однако здесь следует отметить, что абсолютные величины частоты дыханий у каракульских ягнят остаются при этом ниже таковых таджикских ярок.

Более существенно реагировали на повышенную температуру воздуха и солнечную инсоляцию тонкорунные ярок, повысив ритмику своего дыхания на 165%. Значительно (на 17+6%) возросла у них и легочная вентиляция при уменьшении глубины дыхания. Из этого можно заключить, что тонкорунные ярок испытывают затруднения в теплоотдаче и у них возникает «полипноэ». Менее значительно реакция «полипноэ» при этих условиях проявилась у животных таджикской и других изучаемых пород овец. У каракульских ярок отмечалось повышение глубины дыхания.

Породные различия по реакции «полипноэ» у овец на высокие температуры воздуха отмечаются рядом авторов [8-9]. При содержании ягнят на солнечной площадке отмечается некоторое увеличение частоты сердечных сокращений и температуры тела. Последнюю можно считать несколько повышенной лишь у тонкорунных ярок.

Результаты исследований о динамике изменений общего дыхательного газообмена у ярок изучаемых пород показали, что всем ягнятам в первые дни жизни присущ высокий уровень газообмена.

Как видно из данных табл.3, у суточных курдючных и каракульских ярок потребление кислорода на единицу живой массы составляло 1031-1047 мл/ кг.ч. Наиболее высоким (1189 мл/кг.ч) этот показатель был у ягнят памирских тонкорунных овец. Без существенных изменений оставалось поглощение кислорода у 5-дневных гиссарских и каракульских ярок. Однако у последних в 3-дневном возрасте имело место повышение окислительных процессов на 6,8% от исходного уровня.

К 5-му дню жизни у таджикских ягнят отмечалось повышение потребления кислорода на 10,4%, а у ярок джайдары и тонкорунных овец – снижение метаболизма на 8,3 и 7,9% соответственно.

Таким образом, ягнята, как зрелорождающиеся животные, с первых дней жизни обладают хорошо развитой химической терморегуляцией. Последняя сочетается у них с интенсивным «терморегуляторным тонусом».

Значительное снижение потребления кислорода отмечалось у ягнят с 10-дневного возраста. У таджикских ярок оно составляло 11,4%, а у джайдары и гиссарских было более значительным – 17,7 и 16,4%. Несмотря на заметное снижение, потребление кислорода у тонкорунных ярок находилось еще на высоком уровне и составляло 1021 мл/кг.ч., что, вероятно, связано с замедленным формированием у них механизмов физической терморегуляции.

Отмеченные изменения, по-видимому, обусловлены более существенным включением механизмов физической терморегуляции, лучшей оброслостью животных к этому времени и некоторым снижением для них зоны температурного комфорта.

В месячном возрасте потребление кислорода снизилось от уровня первых суток у каракульских ярок на 30,6%, у курдючных – на 38,7-41,8%, а у тонкорунных – на 50,7% (табл.3).

К 2-месячному возрасту наименьшее потребление кислорода имели гиссарские ярочки. Ярочки таджикской породы потребляли его на единицу живой массы больше на 14,3% ( $P \geq 0,02$ ). Каракульские ягнята сохраняли повышенный уровень окислительных процессов, который превышал метаболизм гиссарских на 18,4% ( $P \geq 0,01$ ), имея при этом также самую низкую живую массу.

На летних горных пастбищах у 4-месячных ягнят происходит дальнейшее снижение потребления кислорода. Наряду с возрастным и породным факторами, здесь, несомненно, сказывается и влияние высоты. Для тонкорунных и курдючных овец средние высоты являются обычной средой обитания, чего нельзя сказать об овцах типично равнинной каракульской породы.

Таблица 3. Возрастные изменения газэнергетического обмена у ярочек разных пород

Возраст, в днях	Породы животных				
	гиссарская	таджикская	джайдара	каракульская	тонкорунная
<i>Потребление кислорода, мл/кг.ч</i>					
1	1030,7±29,4	1042,3± 43,4	1047,4± 21,2	1044,3± 33,6	1189,3± 40,3
3	1027,2 ±51,0	1084,0± 44,5	1014,4± 26,1	1115,5± 39,3	1184,3± 40,1
5	1051,5± 66,9	1150,2± 47,6	960,9± 30,3	1029,4± 37,7	1095,0± 46,7
10	861,6 ±41,1	923,3± 31,5	860,0± 21,1	918,5± 43,2	1021,2± 42,9
20	753,7± 33,4	795,6±21,5	711,3± 14,8	886,1± 34,0	776,0± 22,9
30	599,5± 22,2	641,7± 34,9	636,7± 21,8	724,2± 34,6	586,5± 15,0
60	486,2± 17,7	555,8± 17,7	500,3± 12,6	575,5± 18,8	509,6± 18,9
120	410,4± 18,0	465,1± 16,2	440,1± 20,2	524,9± 26,7	456,4± 18,0
180	308,9± 8,0	392,4 ±23,8	358,3± 14,6	407,4± 22,4	362,3± 15,7
<i>Дыхательный коэффициент</i>					
1	0,71± 0,07	0,71± 0,010	0,71± 0,006	0,71± 0,005	0,71± 0,004
3	0,75 ±0,007	0,73± 0,010	0,72± 0,009	0,71± 0,005	0,70± 0,007
5	0,75± 0,008	0,72± 0,008	0,73± 0,009	0,72± 0,004	0,74± 0,003
10	0,75± 0,008	0,74± 0,013	0,75± 0,006	0,73± 0,003	0,76± 0,007
20	0,76± 0,007	0,77± 0,006	0,76± 0,006	0,74± 0,003	0,78± 0,005
30	0,76± 0,009	0,78± 0,004	0,78± 0,005	0,74± 0,004	0,79± 0,004
60	0,77± 0,008	0,76± 0,007	0,80± 0,007	0,77± 0,006	0,80± 0,005
120	0,77 ±0,004	0,79± 0,008	0,79± 0,008	0,77± 0,0005	0,79± 0,005
180	0,79± 0,003	0,81± 0,011	0,81± 0,008	0,79 ±0,006	0,80± 0,007
<i>Теплопродукция, кДж/кг.ч</i>					
1	20,26± 0,57	20,49± 0,88	20,58± 0,41	20,51± 0,66	23,35± 0,79
3	20,38± 1,00	21,45± 0,91	19,99± 0,51	21,92± 0,78	23,29± 0,78
5	20,76± 1,21	22,63± 1,26	18,92± 0,60	20,29± 0,74	21,92± 0,93
10	17,10± 0,83	18,27 ±0,66	17,13± 0,43	18,15± 0,85	20,36± 0,78
20	15,01± 0,66	15,88± 0,43	14,06± 0,28	17,57± 0,68	15,52± 0,46
30	11,92±0,44	12,85± 0,70	12,74± 0,44	14,36± 0,69	11,76± 0,37
60	9,69 ±0,35	11,14± 0,37	10,17± 0,31	11,49± 0,56	10,25± 0,38
120	8,16± 0,36	9,33± 0,33	8,84± 0,41	10,50± 0,54	9,16± 0,37
180	6,21± 0,16	7,93± 0,49	7,23± 0,30	8,18 ±0,45	7,29± 0,32

В этот возрастной период тонкорунные ярочки снизили потребление кислорода (по сравнению исходным) на 61,6%, гиссарские – на 60,2%, джайдара – на 58,0%. Несколько меньше снизили уровень газообмена таджикские – 55,4% и особенно каракульские ярочки – 49,7%.

У гиссарских овец на высоте более выражена картина тканевой адаптации с невысоким уровнем обмена и малой величиной легочной вентиляции. Они имели более низкое потребление кислорода – 410,4 кг/кг.ч., тогда как каракульские больше потребляли его на килограмм живой массы на 27,0% ( $P \geq 0,01$ ). Они в основном сохраняли газообмен на уровне, сложившемся у данной породы на равнине, и приспособление к пониженному парциальному давлению кислорода, вероятно, у них происходит за счет выработки компенсаторных реакций со стороны крови.

У джайдары и тонкорунных ягнят уровень газообмена был несколько выше, чем у гиссаров, а у таджикских превышал его на 13,3%.

На осенних пастбищах в долине у 6-месячных ягнят отмечалось дальнейшее снижение потребления кислорода. У гиссарских и тонкорунных ярок это снижение составляло 70,0%, а ягнята остальных пород также более чем на 60,0% сократили расходование кислорода на единицу живой массы по сравнению с суточным возрастом.

Следует отметить, что значительное снижение интенсивности газообмена у ягнят в этот период является следствием не только возрастных сдвигов в функциональном состоянии, уменьшения тепловых нагрузок, а также ухудшения кормозапаса пастбищ и снижения темпов роста.

Ввиду однозначности дыхательного коэффициента, который определяет калорическую стоимость утилизированного организмом кислорода, в первые сутки между породными группами ягнят по уровню теплопродукции сохраняются такие же соотношения, как и по поглощенному кислороду. У тонкорунных ярок теплообразование на единицу живой массы достигало 23,35 кДж/кг.ч, а у животных остальных пород было близко и составляло 20,25-20,58 кДж/кг.ч.

**Выводы.** Таким образом, можно отметить, что механизмы терморегуляции и газоэнергетического обмена у молодняка овец в зависимости от их породной принадлежности характеризуется рядом особенностей в возрастном аспекте.

Наибольшую живую массу при рождении, а также в полугодовалом возрасте имеют ярки гиссарской породы. Таджикские ярок сохраняли высокую скорость роста лишь до 4-месячного возраста.

У всех пород и групп овец частота дыхания закономерно снижается, а легочная вентиляция и глубина дыхания повышаются с возрастом.

В 6-месячном возрасте при комфортных температурных условиях на осенних пастбищах породные различия частоты дыхания сглаживаются и отмечаются самые низкие ее величины.

Температура воздуха 26-27<sup>0</sup>С в сочетании с солнечной инсоляцией вызывает значительное нарастание частоты дыхания и легочной вентиляции. Терморегуляционное «полипноэ» более всего выражено у тонкорунных ярок.

Более редкое глубокое дыхание у гиссарских ярок, а также сохранение ими высокой скорости роста к 6-месячному возрасту дает основание считать, что они лучше справляются с тепловыми нагрузками.

По мере роста и развития ягнят всех изучаемых пород закономерно снижается потребление кислорода и теплообразование на единицу живой массы. Эти показатели у 10-дневных тонкорунных ярок находятся на более высоком уровне, так как еще значительное количество энергии им приходится расходовать на поддержание гомеостаза.

Значительное снижение интенсивности газообмена и теплопродукции к месячному возрасту, несмотря на усиленный рост животных в этот период, связано с совершенствованием механизмов физической терморегуляции и началом функционирования у них рубцового пищеварения, сопровождающегося выделением тепла.

В 6-месячном возрасте у всех животных наблюдалась минимальная интенсивность газообмена. Наименьшие величины потребления кислорода и теплообразования на единицу живой массы отмечены у ярок гиссарской породы.

### Литература

1. **Кальницкий Б.Д., Галочкин В.А.** Некоторые итоги и проблемы биологии продуктивных животных // Зоотехния. – 2008. – № 1. – С. 13-15.
2. **Костин А.П., Сухомлин Н.Г.** Энергетический обмен и терморегуляция сельскохозяйственных животных // Труды ВНИИФБ и П, 1966. – С.65-72.
3. **Слоним А.Д.** Физиология терморегуляции и термической адаптации у с.-х. животных. – М-Л.: Наука, 1966. – 147 с.
4. **Надальяк Е.А., Карлесон Г.Г.** Исследования газоэнергетического обмена у сельскохозяйственных животных при помощи масок и другой присоединяющейся аппаратуры (АДГ) // Новые методы и модификации исследований по физиологии и биохимии в животноводстве: сб. научн. тр. – Боровск, 1972. – С.121-165.
5. **Надальяк Е.А., Агафонов В.И., Григорьев К.Н., Решетов В.Б.** Изучение обмена энергии и энергетического питания у сельскохозяйственных животных: методические указания. – Боровск, 1986. – 58с.
6. **Агафонов В.И. и др.** Особенности использования энергии корма у коров в начальный период лактации // Труды ВНИИФБиП, 2000. – С. 123-134.
7. **Агафонов В.И., Денькин А.И.** Легочный газообмен и количественные аспекты использования субстратов в энергетическом обмене коров в начале лактации // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2009. – № 1. – С.67-77.
8. **Калашников А.П.** Прошлое, настоящее и будущее науки о кормлении сельскохозяйственных животных // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – №1. – С.16 – 18.
9. **Тенлибаева А.С.** Физиолого-биохимические аспекты полноценного кормления суягных овцематок мясо-сальной продуктивности в условиях юга Казахстана: автореф. дис... доктора биол. наук. – Боровск, 2014. – 38 с.

### Literatura

1. **Kal'nickij B.D., Galochkin V.A.** Nekotorye itogi i problemy biologii produktivnyh zhivotnyh // Zootekhniya. – 2008. – № 1. – S. 13-15.
2. **Kostin A.P., Suhomlin N.G.** Energeticheskij obmen i termoregulyaciya sel'skokozyajstvennyh zhivotnyh // Trudy VNIIFB i P, 1966. – S.65-72.
3. **Slonim A.D.** Fiziologiya termoregulyacii i termicheskoj adaptacii u s.-h. zhivotnyh. – M-L.: Nauka, 1966. – 147 s.
4. **Nadal'yak E.A., Karleson G.G.** Issledovaniya gazoenergeticheskogo obmena u sel'skokozyajstvennyh zhivotnyh pri pomoshchi masok i drugoj prisoedinyayushchejsya apparatury (ADG) // Novye metody i modifikacii issledovanij po fiziologii i biohimii v zhivotnovodstve: sb. nauchn. tr. – Borovsk, 1972. – S.121-165.
5. **Nadal'yak E.A., Agafonov V.I., Grigor'ev K.N., Reshetov V.B.** Izuchenie obmena energii i energeticheskogo pitaniya u sel'skokozyajstvennyh zhivotnyh: metodicheskie ukazaniya. – Borovsk, 1986. – 58s.
6. **Agafonov V.I. i dr.** Osobennosti ispol'zovaniya energii korma u korov v nachal'nyj period laktacii // Trudy VNIIFBiP, 2000. – S. 123-134.
7. **Agafonov V.I., Den'kin A.I.** Legochnyj gazoobmen i kolichestvennye aspekty ispol'zovaniya substratov v energeticheskom obmene korov v nachale laktacii // Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh. – 2009. – № 1. – S.67-77.
8. **Kalashnikov A.P.** Proshloe, nastoyashchee i budushchee nauki o kormlenii sel'skokozyajstvennyh zhivotnyh // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2008. – №1. – S.16 – 18.
9. **Tenlibaeva A.S.** Fiziologo-biohimicheskie aspekty polnocennogo kormleniya suyagnyh ovcematok myaso-sal'noj produktivnosti v usloviyah yuga Kazahstana: avtoref. dis... doktora biol. nauk. – Borovsk, 2014. – 38 s.

УДК 636.018

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14100

Доктор биол. наук **О.И. СТАНИШЕВСКАЯ**  
(ВНИИГРЖ, olgastan@list.ru)Канд. биол. наук **Е.С. ФЕДОРОВА**  
(ВНИИГРЖ, fedorova816@mail.ru)

## **ГЕНОФОНДНАЯ ПОПУЛЯЦИЯ РУССКИХ БЕЛЫХ КУР СЕЛЕКЦИИ ВНИИГРЖ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Решение проблемы сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц является общемировым, причём сужение генетического разнообразия наблюдается не только среди малочисленных локальных пород, но и в промышленных линиях кур [1]. Особенно остро этот вопрос стоит в генофондных породах: по данным ФАО, по состоянию на 2015 год из 1729 известных пород кур только 212 не имеют статуса риска исчезновения [2, 3].

Исчезновение локальных пород ведёт к сужению генетической изменчивости и сокращению генетического разнообразия сельскохозяйственной птицы за счет исчезновения специфических генов и их сочетаний. Теряется именно тот ценнейший генетический материал, который отличает локальные породы от промышленных, – гены, отвечающие за высокую жизнеспособность и резистентность к различным заболеваниям в отсутствие жёсткой схемы вакцинаций, неприхотливость к условиям содержания и кормления, крепость конституции и костяка, устойчивость к тем экстремальным климатическим условиям, в которых они формировались, питательную ценность продукции. К тому же локальные породы являются резервуаром различных генов, которые пока не используются, но могут быть использованы в будущем при селекционной работе или при применении методов биоинженерии. Обязательным условием надёжного сохранения той или иной генофондной породы сельскохозяйственных птиц является использование её отличительных ценных признаков или хотя бы перспектива использования для получения традиционной продукции птицеводства с повышенными качественными характеристиками (яйцо, мясо, пух-перо), или как продуцентов сырья для биопромышленности (производство вакцин и диагностикумов, лизоцима и пр.).

Работа с популяцией русских белых кур из «Генетической коллекции редких и исчезающих пород кур» ВНИИГРЖ является успешным примером такого подхода к сохранению. Эта популяция была создана А. Н. Соколовой [4, 5] во второй половине XX века путём отбора на резистентность к пониженным температурам выращивания в первые дни жизни цыплят с последующим содержанием взрослой птицы в зимний период при температуре ниже 0°C, но при сохранении яичной продуктивности на достаточно высоком уровне. В результате такой селекции в условиях критических пониженных температур появились генотипы, отличающиеся не только терморезистентностью молодняка, но и повышенной устойчивостью к ряду неопластических заболеваний, таких как болезнь Марека, лейкоз, карциномы [5, 6, 7].

Наши исследования этой популяции показали, что эмбрионы кур русской белой породы имеют отличия в эмбриональном развитии и обладают наибольшим уровнем выхода аллантоисно-амниотической жидкости (сырьё для производства вирусных эмбриональных вакцин для животных и человека), а также титром вакцинного вируса в ней, в сравнении с эмбрионами кур других генофондных пород и кур промышленных яичных кроссов [8]. Данное направление использования кур русской белой породы в качестве продуцента или в качестве модельной популяции для разработки методов создания специализированных стад имеет большие перспективы, поскольку эпидемическая и эпизоотическая обстановка в мире усложняется с каждым годом, и, как следствие, возрастает потребность в вакцинах [9, 10]. Следует отметить, что, несмотря на широкое использование культурального метода, куриный эмбрион по-прежнему необходим для производства целого ряда вакцин. Наряду с

этим, актуальной является проблема повышения экономической эффективности и снижения затрат при производстве вакцин. В России для производства вакцин используются яйца преимущественно от птицы промышленных кроссов, разводимой при жесткой схеме вакцинации, что несколько снижает затраты на сырье для биопромышленности, но в ущерб его качеству. Поэтому разработка методов создания специализированных популяций птицы для использования в отечественной биопромышленности и производства «чистого яйца» (полученного при «щадящей» схеме вакцинации птицы, что практически неприменимо в условиях промышленных яичных птицефабрик) с повышенным выходом аллантаисно-амниотической жидкости, которая служит сырьем для получения вакцин, как для животных и птицы, так и для человека, является чрезвычайно актуальной задачей.

**Цель исследования** – разработать селекционные приемы, позволяющие создать специализированную популяцию яичных кур (на основе популяции русских белых кур селекции ВНИИГРЖ) с повышенным выходом экстраэмбриональной жидкости у их эмбрионов; проверить адаптационные способности кур в условиях гипотермического стресса в эмбриональном и раннем постнатальном периоде онтогенеза, поскольку высокая степень адаптации птицы в условиях холодного климата в сочетании с хорошим уровнем яйценоскости сделала бы данную породу кур более привлекательной для содержания в фермерских и приусадебных хозяйствах.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования проводились на курах породы русская белая, разводимой в «Генетической коллекции редких и исчезающих пород кур» ВНИИГРЖ, в течение 4-х поколений. Одновременно с отбором на увеличение выхода экстраэмбриональной жидкости проводился отбор кур на повышение яйценоскости и массы яиц, поскольку эти показатели являются важнейшими критериями, влияющими на рентабельность содержания птицы и на объем получаемого вакцинного сырья в целом [8]. Основным признаком отбора при проведении селекции являлся средний выход экстраэмбриональной жидкости (в мл на 1 г массы яйца) от 3 – 5 штук 12,5-суточных эмбрионов от каждой курицы. Для воспроизводства оставляли только тех кур, эмбрионы которых давали не менее 0,200 мл/г массы яйца и не менее 10 мл экстраэмбриональной жидкости на эмбрион; петухов – от матерей и имеющих сестер с такими же показателями выхода аллантаисно-амниотической жидкости эмбрионов [11].

Исследования по изучению адаптационных способностей птицы проводились на эмбрионах кур русской белой породы в сравнении с эмбрионами двух других генофондных пород яичного направления: амрокс и аврора голубая, а также на неонатальных цыплятах породы русская белая и амрокс (поскольку в данной породе не проводилась селекционная работа на терморезистентность к сублетальным пониженным температурам в раннем онтогенезе). Яйца были получены от кур в возрасте 49-50 недель жизни. Яйца, а также эмбрионы и цыплят взвешивали на электронных весах HL-400 EX. Инкубацию яиц проводили в лабораторных условиях при общепринятом режиме инкубации для кур генофондного стада в инкубаторе и выводном шкафу «Рэмил-Ц». Норма реакции 12,5-суточных эмбрионов в ответ на однократное охлаждение инкубируемых яиц (на 6-е сутки при +20°C в течение 6 часов) оценена по изменению уровня выхода экстраэмбриональной жидкости. У неонатальных цыплят измеряли ректальную температуру тела электронным термометром Microlife MT 3001 сразу при выемке из инкубатора, а также после выдержки их в течение часа при +16°C. Достоверность различий оценивали по t-критерию Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при  $P < 0,05$ .

**Результаты исследований.** Возможность включения в селекционные программы признаков повышенной резистентности к заболеваниям и неблагоприятным условиям среды ограничена рядом факторов, такими как низкая наследуемость данных свойств, трудность их оценки, а также антагонистичностью этих признаков с показателями продуктивности. Несмотря на это, в течение 4-х лет в популяции русских белых кур была проведена успешная селекционная работа на увеличение уровня выхода аллантаисно-амниотической жидкости (в

абсолютном и относительном объеме) у 12,5-суточных эмбрионов при одновременном сохранении особенностей терморегуляции цыплят. Отбор по данному показателю позволил увеличить за 4 поколения число кур с выходом жидкости 0,200 мл/г массы яйца и выше. При сравнении по этому признаку петухов, оцененных в F<sub>0</sub>, с их потомками в F<sub>4</sub> установлено, что частота встречаемости кур-дочерей с высоким выходом экстраэмбриональной жидкости практически во всех гнездах увеличилась в среднем на 25,2% (табл.). Это доказывает, что селекция кур на увеличение выхода вакцинного сырья от их эмбрионов (аллантаисно-амниотической жидкости) эффективна. Положительный эффект достигнут как за счет увеличения выхода экстраэмбриональной жидкости от эмбриона, так и за счет увеличения общего числа эмбрионов от селекционируемой популяции в связи с повышением яйценоскости кур-матерей. Увеличение массы яиц также позволяет повысить получаемый от популяции объем вакцинного сырья (табл.). В данных исследованиях не проводилась оценка титров вакцинного вируса в связи с повышением объема аллантаисно-амниотической жидкости, но в исследованиях прошлых лет было установлено отсутствие отрицательной корреляции между этими признаками [8].

**Таблица. Сравнительная характеристика кур трех генофондных пород в различных поколениях отбора по яйчной продуктивности, выходу экстраэмбриональной жидкости и реакции их эмбрионов на гипотермический стресс, M±m**

Показатель	Породы (F <sub>0</sub> )			Породы (F <sub>4</sub> )		
	Русская белая	Амрокс	Аврора	Русская белая	Амрокс	Аврора
Яйценоскость за 7 мес. кладки, шт.	134 <sup>a±</sup> 0,9	113 <sup>d±</sup> 1,0	117 <sup>d±</sup> 1,1	157 <sup>d±</sup> 0,9	129 <sup>a±</sup> 0,9	124 <sup>a±</sup> 1,1
Масса яиц в 46 нед. жизни, г	54,2 <sup>a±</sup> 0,4	54,6 <sup>a±</sup> 0,4	55,0 <sup>a±</sup> 0,3	59,5 <sup>d±</sup> 0,2	60,4 <sup>d±</sup> 0,3	60,0 <sup>d±</sup> 0,3
<i>Общепринятый режим инкубации (контроль)</i>						
Число кур в опыте	30	20	25	60	30	30
Экстраэмбриональная жидкость:						
- мл	10,9 <sup>a±</sup> 0,3	11,0± 0,4	10,4± 0,3	12,4 <sup>c±</sup> 0,2	11,7± 0,3	11,0± 0,4
- мл/г	0,201 <sup>c±</sup> 0,003	0,200± 0,004	0,189± 0,004	0,210 <sup>c±</sup> 0,002	0,194± 0,003	0,185± 0,004
<i>Охлаждение яиц на 6-е сутки инкубации до +20°С в течение 6 часов (опыт)</i>						
Число кур в опыте	30	20	30	60	30	30
Экстраэмбриональная жидкость:						
- мл	11,9 <sup>b±</sup> 0,3	10,8± 0,4	10,5± 0,3	13,1 <sup>d±</sup> 0,2	12,4± 0,2	10,8± 0,4
- мл/г	0,219 <sup>d±</sup> 0,003	0,198 <sup>f±</sup> 0,004	0,192 <sup>a±</sup> 0,003	0,219 <sup>d±</sup> 0,002	0,206 <sup>e±</sup> 0,004	0,179 <sup>f±</sup> 0,003

\* каждая курица оценена минимум по 3 яйцам; ab, cd, ce P<0,05; af, bd, ed P<0,01; ac, ad, df P<0,001

Как видно из таблицы, интенсивная селекционная работа с популяцией кур русская белая привела к повышению яйценоскости за 4 поколения отбора на 14,6%, массы яиц – на 8,9%. Объем аллантаисно-амниотической жидкости увеличился на 12,1% в абсолютной величине (мл) и на 4,3% – в относительной, что на 7,6 и 11,9% выше, чем у эмбрионов F<sub>4</sub> кур амрокс и аврора голубая соответственно. У этих двух пород абсолютный объем экстраэмбриональной жидкости также несколько увеличился за счет повышения массы яиц, в то время как относительный – снизился.

При исследовании влияния гипотермического стресса на эмбрионы были установлены межпородные различия в степени реакции на данный стресс-фактор. В качестве индикатора,

характеризующего реакцию организма эмбриона на охлаждение, использовали объем аллантоисно-амниотической жидкости, поскольку, согласно литературным данным [12], снижение температуры инкубации вызывает увеличение размера амниона в качестве защитного механизма. В F<sub>0</sub> эмбрионы амрокс и аврора голубая почти не отреагировали на охлаждение изменением объема экстраэмбриональной жидкости, в то время как эмбрионы русской белой породы увеличили этот показатель на 8,4 и 3,6% в абсолютной и относительной величине соответственно. В F<sub>4</sub> эмбрионы аврора отреагировали на охлаждение небольшим снижением объема экстраэмбриональной жидкости, а эмбрионы амрокс и русская белая, наоборот, увеличили объем аллантоисно-амниотической жидкости в среднем на 5%. При этом эмбрионы русской белой превосходили эмбрионов амрокс по абсолютному объему жидкости на 5,3%, а по относительному – на 5,9%. Хотя в результате селекционной работы по увеличению выхода экстраэмбриональной жидкости в русской белой породе за 4 поколения отбора удалось увеличить данный показатель при общепринятом режиме инкубации, тем не менее норма реакции эмбрионов в ответ на воздействие пониженных температур как в нулевом, так и в четвертом поколениях одинакова – 0,219 мл/г.

В результате исследований также были установлены межпородные различия в реакции на охлаждение (+16°C) неонатальных цыплят пород русская белая и амрокс. Изначально, при выемке из инкубатора, цыплята русской белой породы, в сравнении с цыплятами амрокс, имели более низкую ректальную температуру (на 2,4°C, P<0,001). После выдержки цыплят в течение часа при 16°C ректальная температура у цыплят русской белой породы снизилась на 3,7% (или на 1,4°C) от первоначальной, в то время как у цыплят амрокс – на 12,7% (или на 5,1°C, P<0,001), что на 3,6% ниже, чем у русской белой (P<0,05). Воздействие гипотермического стресса у цыплят амрокс проявляется остро в виде характерных поведенческих реакций: мышечная дрожь, сонливость, оцепенение. У цыплят русской белой в процессе охлаждения наблюдается лишь мышечная дрожь, при этом птенцы активно двигаются и ищут корм.

**Выводы.** В результате проведенных на протяжении 4-х поколений исследований в популяции русских белых кур из коллекции ВНИИГРЖ была доказана эффективность селекции на повышение объема вакцинного сырья (аллантоисно-амниотической жидкости эмбрионов) для производства вирусных эмбриональных вакцин. Основными критериями отбора кур при формировании гнезд должны служить: яйценоскость, масса яиц, средний выход экстраэмбриональной жидкости от 3-5 эмбрионов не менее 0,200 мл/г массы яйца. При отборе петухов в гнезда необходимо учитывать те же показатели их матерей и сестер. Селекционная работа с популяцией привела к повышению яйценоскости за 4 поколения отбора на 14,6%, массы яиц – на 8,9%. Объем аллантоисно-амниотической жидкости увеличился на 12,1% в абсолютной величине (мл) и на 4,3% – в относительной. Частота встречаемости кур с высоким (более 0,200 мл/г) выходом экстраэмбриональной жидкости увеличилась в среднем на 25,2%. Технологическим приемом повышения выхода экстраэмбриональной жидкости от кур данной популяции может служить изменение температурного режима инкубации (охлаждение на 6-е сутки при +20°C в течение 6 часов).

Подтверждено сохранение особенностей терморегуляции птицы данной популяции в раннем постнатальном периоде – высокие адаптационные способности к пониженной температуре. Эта отличительная способность делает кур русской белой породы селекции ВНИИГРЖ более привлекательной для содержания в условиях фермерских и приусадебных хозяйств, что будет способствовать сохранению породы.

*Исследования проведены по теме госзадания АААА-А18-118021590129-9*



## Литература

1. **Muir W.M., Wong G.K., Zhang Y.** Genome-wide assessment of worldwide chicken SNP genetic diversity indicates significant absence of rare alleles in commercial breeds // PNAS – 2008. – vol.105 (45). – P. 17312-17317 doi:10.1073pnas.0806569105
2. **Гальперн И.Л., Сегал Е.Л., Федоров И.В.** Проблема сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственной птицы и возможные пути ее решения // Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России: матер. XVIII междунар. конф. – Сергиев Посад, 2015. – С. 45 – 48.
3. **FAO.** 2015. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture, edited by B.D. Scherf & D. Pilling. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome (available at <http://www.fao.org/3/a-i4787e/index.html>)
4. **Соколова А.Н.** Генетико-селекционные методы создания популяции кур с повышенной устойчивостью к неоплазмам: автореф. дис... канд.с.-х. наук. – СПб, 1999. – 56 с.
5. **Соколова А.Н.** Селекция кур по функции терморегуляции и продуктивности: сб.тр. XIII Всемирного конгресса по птицеводству. – Киев, 1966. – С.151 – 155.
6. **Коновалова Е.Л.** Технология выращивания кур, свободных от возбудителей инфекционных болезней и их использование при диагностике вирусных заболеваний: автореферат дис... канд. с.-х. наук / Ур. гос. акад. ветерин. медицины. – Троицк, 2002. – 20 с.
7. **Somes, Ralph G. Jr.,** «International Registry of Poultry Genetic Stocks» (1988). Storrs Agricultural Experiment Station. 29. <http://digitalcommons.uconn.edu/saes/29>
8. **Лапа М.А.** Влияние генотипа матерей, отцов и возраста развивающихся эмбрионов кур на объем и качество аллантаино-амниотической жидкости // Генетика и разведение животных. – 2015. – №1. – С. 14-21.
9. **Федорова Е.С., Станишевская О.И.** Особенности популяции русской белой породы кур селекции ВНИИГРЖ // Мировые и российские тренды развития птицеводства: реалии и вызовы будущего: матер. XIX Международной конф. – Сергиев Посад, 2018. – С. 131-132.
10. **Митрофанова О.В., Дементьева Н.В., Федорова Е.С., Дысин А.П.** Ассоциация замены RS13730111 в геноме кур русской белой породы с уровнем выхода экстраэмбриональной жидкости в эмбрионах // Аграрный вестник Урала. – 2019. – №6 (185). – С. 34 – 38.
11. **Федорова Е.С., Станишевская О.И., Силукова Ю. Л.** Эффективность селекции кур породы русская белая на повышение выхода вакцинного сырья // Генетика и разведение животных. – 2018. – № 3. – С. 46-50.
12. **Romanoff A.L.** Membrane growth and function // Ann. N.Y. Acad. Sci.. – 1952. – Vol. 55. – P. 2-288

## Literatura

1. **Muir W.M., Wong G.K., Zhang Y.** Genome-wide assessment of worldwide chicken SNP genetic diversity indicates significant absence of rare alleles in commercial breeds // PNAS – 2008. – vol.105 (45). – P. 17312-17317 doi:10.1073pnas.0806569105
2. **Gal'pern I.L., Segal E.L., Fedorov I.V.** Problema soxraneniya geneticheskix resursov sel'skoxozyajstvennoj pticy i vozmozhny'e puti ee resheniya // Innovacionnoe obespechenie yaichnogo i myasnogo pticevodstva Rossii: mater. XVIII mezhdunar. konf. – Sergiev Posad, 2015. – S. 45 – 48.
3. **FAO.** 2015. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture, edited by B.D. Scherf & D. Pilling. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome (available at <http://www.fao.org/3/a-i4787e/index.html>)
4. **Sokolova A. N.** Genetiko-selekcionny`e metody` sozdaniya populyacii kur s povy`shennoj ustojchivost`yu k neoplazmam: avtoref. dis... kand.s.-x. nauk. – SPb, 1999. – 56 s.
5. **Sokolova A.N.** Selekcija kur po funkcii termoregulyacii i produktivnosti: sb.tr. XIII Vsemirnogo kongressa po pticevodstvu. –Kiev, 1966. – S.151 – 155.

6. **Konvalova E.L.** Tekhnologiya vy`rashivaniya kur, svobodny`x ot vozбудitelej infekcionny`x boleznej i ix ispol`zovanie pri diagnostike virusny`x zabolevanij: avtoreferat dis... kand. s.-x. nauk / Ur. gos. akad. veterin. mediciny`. – Troiczsk, 2002. – 20 s.
7. **Somes, Ralph G. Jr.**, «International Registry of Poultry Genetic Stocks» (1988). Storrs Agricultural Experiment Station. 29. <http://digitalcommons.uconn.edu/saes/29>
8. **Lapa M.A.** Vliyanie genotipa materej, otczov i vozrasta razvivayushhixsya e`mbrionov kur na ob`em i kachestvo allantoisno-amnioticheskoj zhidkosti // Genetika i razvedenie zhivotny`x. – 2015. – №1. – S. 14-21.
9. **Fedorova E.S.**, Stanishevskaya O.I. Osobennosti populyacii russoj beloј porody` kur selekcii VNIIGRZh // Mirovy`e i rossijskie trendy` razvitiya pticevodstva: realii i vy`zovy` budushhego: mater. XIX Mezhdunarodnoj konf. – Sergiev Posad, 2018. – S. 131-132.
10. **Mitrofanova O.V., Dement`eva N.V., Fedorova E.S., Dy`sin A.P.** Associaciya zameny` RS13730111 v genome kur russoj beloј porody` s urovnem vy`hoda e`kstrae`mbrional`noj zhidkosti v e`mbrionax // Agrarny`j vestnik Urala. – 2019. – №6 (185). – S. 34-38.
11. **Fedorova E.S., Stanishevskaya O.I., Silyukova Yu. L.** E`ffektivnost` selekcii kur porody` russkaya belaya na povыshenie vy`hoda vakcinnogo sy`r`ya // Genetika i razvedenie zhivotny`x. – 2018. – № 3. – S. 46-50.
12. **Romanoff A.L.** Membrane growth and function // Ann. N.Y. Acad. Sci.. – 1952. – Vol. 55. – P. 2-288

УДК 636.5.034

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14105

Доктор с.-х. наук **И.Л. ГАЛЬПЕРН**  
(ВНИИГРЖ, [odormidonova@mail.ru](mailto:odormidonova@mail.ru))  
Канд. биол. наук **О.Ю. ПЕРИНЕК**  
(ВНИИГРЖ, [odormidonova@mail.ru](mailto:odormidonova@mail.ru))

## МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ЯИЧНО-МЯСНОГО КРОССА КУР С ПОВЫШЕННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ И ПРИУСАДЕБНЫХ ХОЗЯЙСТВ

В яичном птицеводстве (ведущие компании мира Lohmann Tierzucht и Hendrix) селекция направлена на более раннюю половую зрелость – 130–140 дней, на дальнейшее увеличение периода плато кладки – не менее 90–95%, продолжительность возраста кур с процентом снесения яиц не ниже 85%, увеличение массы яиц и повышение их энергетической ценности.

В первые два десятилетия XXI века ведущие западные селекционно-генетические компании Aviagen и Cobb создали кроссы мясной птицы, позволяющие получать 38–42-дневного бройлера массой 2,6 кг при затратах корма 1,66 кг/кг, у которого масса грудных мышц от живой массы составляет 17,8%. Появились отцовские линии, способные обеспечивать среднесуточный прирост свыше 80 г при затратах корма 1,3–1,4 кг на 1 кг прироста.

Для решения задачи продовольственной независимости России в этой области производства продуктов птицеводства необходимо возрождение племенных заводов и создание отечественных кроссов. Но при этом необходимо учитывать, что дальнейшее повышение уже достаточно высокой продуктивности птицы с каждым годом дается селекционерам все труднее и труднее. D.W. Vurt указывает, что генетический прогресс имеет свои биологические лимиты и в ближайшие 25 лет они могут быть достигнуты [1]. Поэтому уже в настоящее время традиционные методы селекции должны быть дополнены современными методами оценки и отбора генотипов, а особенностью племенной работы в

птицеводстве будет являться тенденция увеличения числа признаков, вовлекаемых в селекционный процесс.

В последних статьях мировых компаний Hubbard, Hy-Line (яичные), Aviagen, Cobb (мясные) довольно обстоятельно излагаются цели селекции, но нет конкретных методов селекции; большое внимание уделяется изучению геномики, но пока ничего конкретного не публикуется [2, 3, 4, 5].

В настоящее время в нашей стране взят курс на развитие в сельской местности фермерских хозяйств. Малые формы хозяйствования и производства в основном комплектуют свои малочисленные стада за счет генофондных пород НИИ или местных кур, которые отличаются от промышленных высокой жизнеспособностью при экстенсивной системе содержания и вне жесткой программы вакцинаций, лучшими вкусовыми и более высокими питательными свойствами мяса и яиц; нетребовательностью к рациону и способностью усваивать корма местного производства; привлекательной окраской оперения и т.д. Но отстают от промышленной птицы по продуктивности, а в этих хозяйствах требования не только к цвету и рисунку оперения, но и к уровню мясной и яичной продуктивности, и, конечно, к повышению питательности яиц и мяса.

В связи с этим разработанные ранее во ВНИИГРЖ методы оценки и отбора, обеспечивающие повышение различных экономически значимых признаков для промышленной яичной и мясной птицы в племенных заводах России, будут использованы на курах трех генофондных пород биоресурсной коллекции (БРК) ВНИИГРЖ для создания яично-мясного кросса. Часть методов в период с 2013 по 2019 гг. была апробирована при создании мясного кросса «ВНИИГРЖ ФБ 1» для фермерских и приусадебных хозяйств [6].

**Цель исследования** – обосновать разработку методики по созданию аутосексного яично-мясного кросса кур с повышенной питательной ценностью яиц (энергетической) и мяса (уровень протеина) для фермерских и приусадебных хозяйств на основе использования трех генофондных пород БРК ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур».

**Материалы, методы и объекты исследования.** Для создания трехпородного яично-мясного кросса кур будут использованы одна отечественная генофондная порода (Пушкинская и две селекционируемые в ней линии – яичная и мясная) и две зарубежные БРК ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур».

В качестве методов оценки и отбора при создании 2-х линий нового яично-мясного кросса в одной генофондной породе кур нами будут использованы результаты опытов, которые изложены ранее в наших статьях и в книге «Селекционно-генетические методы и программы выведения новых линий и создания конкурентоспособных кроссов яичных и мясных кур» [7]:

1. Оценка и отбор яиц по показателю плотности белковых фракций (ППФ) с целью повышения содержания белка в мясе птицы [8].

2. При воспроизводстве стада ежегодная первая оценка и отбор цыплят по наполнению зобиков кормами на 2-е сутки и после посадки их в птичники.

3. Вторая оценка и отбор цыплят по живой массе в 14 дней перед переводом молодняка на лимитированное кормление с учетом реакции на вакцинации (реовирусная инфекция в 7 дней и инфекционный бронхит в 10 дней).

4. Для оценки влияния режима инкубации на рост мясных цыплят используется разработанный сотрудниками ВНИИГРЖ температурный режим инкубации [9], стимулирующий гистогенез мышечной ткани в процессе эмбриогенеза и раннего онтогенеза (табл. 1).

5. При комплектовании гнезд для воспроизводства следующего поколения будет использована система оценки по каждому из этих признаков по частоте встречаемости желательных генотипов в потомстве их отцов в отцовской линии отцовской формы, а также отцов и матерей в линиях материнской формы.

Селекция 2-х линий в Пушкинской породе будет продолжаться не менее 4 – 5 лет, из них не менее 2-х лет при полной оценке финальных гибридов.

Таблица 1. Влияние температурного режима на среднесуточный прирост бройлеров (1 - 35 дн.)

Показатели	Режим инкубации	
	новый	общепринятый
Заложено на инкубацию яиц, шт.	1600	1600
Масса яиц, г	56,7	57,9
Средняя продолжительность инкубации, час.	499,1	504,6
Выводимость яиц, %	98,0	91,3
Вывод молодняка, %	91,9 (+6,3%)	85,6
Живая масса бройлеров в 35 дней, г	2287,0±14,0 (+129,0 г или +6,0%)	2158,0±19,0
Среднесуточный прирост 0-35 сут., г	64,1 (+6,1%)	60,4

**Результаты исследования.** В качестве примера эффективности использования вышеперечисленных методов на промышленной птице мы приводим результаты селекции бройлерного кросса «ЭСК Русь 8», которые нигде не опубликованы, в сравнении с «СК Русь 6» (патентообладатели: ООО ППЗ «Русь» и ГНУ ВНИИГРЖ) [10, 11, 12]. Четырехлетний анализ селекции линий этого кросса показал, что в результате оценки и «жесткого» отбора цыплят по уровню наполнения зобиков на вторые сутки после их посадки в птичники и их реакции на вакцинации в 2 недели (стрессоустойчивых) за 4 года удалось повысить среднесуточный прирост 4-линейных бройлеров этого кросса до 65,2 – 58,4 г (петушки – курочки) по сравнению с «СК Русь 6», что составило 23,5 – 28,3%. В расчете на 1 поколение отбора это 3,1–3,2 г (табл. 2).

Таблица 2. Динамика живой массы цыплят, выращенных до 15-дневного возраста на рационах для ремонтного молодняка, а с 16-дневного на бройлерных рационах, в зависимости от их реакции на вакцинации до 15 дней

Возраст цыплят, дн.	Параметры	СК 61		ЭСК 81	
		♂	♀	♂	♀
1 сутки	М (г)	41,8	41,8	41,9	41,9
14	М±m	527,0±3,4	439,0±3,6	534,0±3,5	443,0±2,7
	σ	20,7	21,9	20,8	16,3
	C <sub>v</sub>	3,9	5,0	3,9	3,7
	+ I/II	+88	-	+91	-
21	М±m	927,0±7,2	814,0±11,5	1023,0±16,6	962,0±7,8
	σ	42,9	68,9	99,7	47,2
	C <sub>v</sub>	4,6	8,5	9,8	4,9
	+ I/II	+113	-	+61	-
28	М±m	1530,0±24,3	1381,0±8,5	1539,0±16,3	1455,0±18,4
	σ	146,0	109,2	98,1	109,2
	C <sub>v</sub>	9,5	7,9	6,4	7,5
	+ I/II	+149	-	+84	-
35	М±m	1971,0±30,2	1809,0±32,0	2213,0±22,2	2109,0±39,2
	σ	117,5	190,0	133,1	202,0
	C <sub>v</sub>	9,1	10,5	6,0	9,6
	+ I/II	+162	-	+104	-

*Примечание:* 1. Для опыта были взяты только цыплята с «туго» наполненным зобиком на 2-е сутки после вывода. 2. Уровень реакции на вакцинации оценивался по величине среднесуточного прироста в период 7-14 дней.

Затраты корма на 1 кг прироста снизились на 0,14 кг/кг (-8,5%). В среднем на 1 поколение отбора – 0,35 кг/кг (-2,12%).

Анатомическая разделка тушек (табл. 3) показала, что увеличение мясной скороспелости и улучшение мясных качеств произошло за счет повышения массы грудных мышц и грудного филе (69,4 г и 46,4 г); в % к живой массе это 3,0–2,0%. Индекс мясных качеств (масса мышц к массе костей) повысился в среднем по петушкам – курочкам на 0,38–0,16 ед. (10,1 – 4,5%).

Таблица 3. Показатели мясных качеств бройлеров кросса «ЭСК Русь 8» в возрасте 35 дней, инкубируемых при разных температурных режимах

Показатели	Опыт	Контроль
Живая масса, г	2280	2160
Масса потрошеной тушки, г	1587	1449
Убойный выход, %	69,6	67,1
Масса грудных мышц, г	471,6	402,2
в % от живой массы	20,6	18,6
в % от потрошеной тушки	29,7	27,8
в т.ч. грудное филе, г	396,7	350,3
в % от живой массы	17,4	16,2
в % от потрошеной тушки	24,9	24,1

Примечание: Для анатомической разделки взято по 9 ♀ и 9 ♂ в каждой группе

Вместе с тем масса других частей тушки, хотя и незначительно, снизилась: в % от живой массы: мышцы бедра (-0,4 – -0,8%), мышцы голени (-0,3 – -0,2%), масса костей (-0,4 – -0,2%). Эти цифры свидетельствуют о том, что необходимо обязательно оценивать птицу на прочность костяка.

Был проведен мониторинг эффективности использования различных способов оценки количественных и качественных хозяйственно-полезных признаков яичной и мясной птицы в разные периоды ее онтогенеза и продуктивного использования. Это позволило выявить основные методические условия, от которых зависит уровень параметров такой оценки.

1. Оценка признаков проводится в тот возрастной период роста и продуктивного использования, в котором уровень их развития не достиг биологического плато, а изменчивость этого признака достаточна для эффективного отбора.

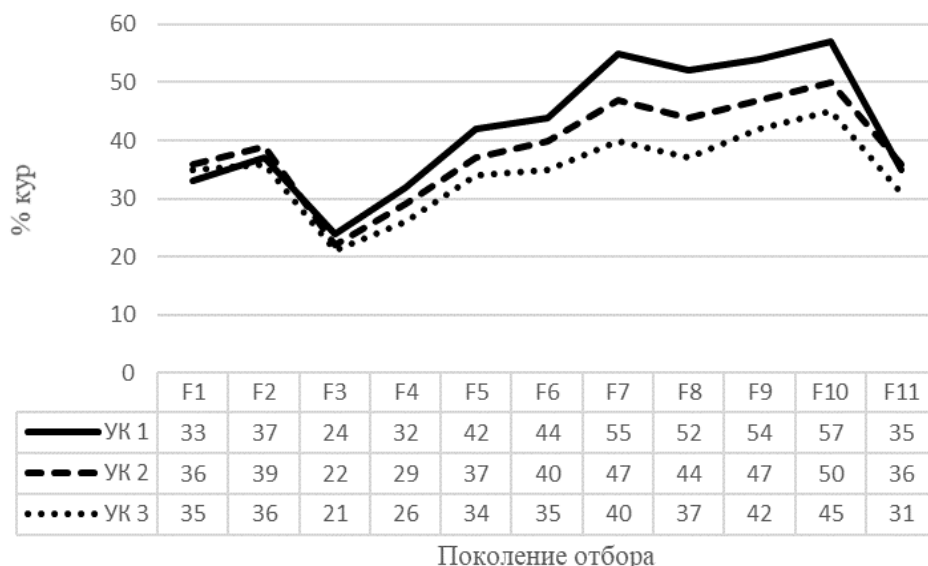
2. Оценка того или иного признака проходит на специально подобранном для него селективном (провокационном) фоне, что позволяет выявить и учитывать при отборе генетическую изменчивость, скрытую в традиционных условиях среды обитания птицы, но которую можно обнаружить под адекватной нагрузкой, влияющей на уровень развития данного признака. Обязательное условие: потомство оценивается на таком же фоне.

Такая система оценки и отбора должна ежегодно корректироваться с учетом достигнутых результатов, дальнейших целей селекции и некоторых изменений в технологии содержания и кормления.

В последующих наших программах селекции при создании яично-мясного и яичного кросса обязательно будет предусмотрен отбор на более продолжительный период продуктивного использования кур и уменьшения возраста выращивания бройлеров. В селекционный процесс в дальнейшем будут вовлекаться признаки, ранее не затронутые отбором, но которые будут востребованы при реализации продуктов птицеводства (например, масса желтка в яйце, масса грудного филе с учетом толщины большой и малой мышцы).

Оценка и отбор яичной птицы на провокационном (селективном) кормовом фоне – это та дополнительная информация, которая отсутствует, если селекция проводится в стандартных условиях содержания и кормления птицы.

Особенно такой прием эффективен при селекции на повышение яйценоскости при продлении периода продуктивного использования кур до 80 – 90 недель жизни, поскольку по разработанной нами методике оценка по конверсии корма проводится на лимитированном кормлении не ранее 63 – 70 недель жизни (рис.).



270 – 272 ккал ОЭ, 17,0 – 17,2% протеина					260 – 262 ккал ОЭ, 16,0 – 17,2% протеина					
120 г		115 г			114 г		113 г			110 г
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11

Рис. Частота встречаемости кур (%) (по поколениям отбора), сохранивших яичную продуктивность на уровне 90 – 100% кладки и массу яиц не менее 65 г на провокационном фоне

На рисунке показана динамика частоты встречаемости кур в яичных линиях, сохранивших яичную продуктивность на уровне 90 – 100% кладки и массу яиц не менее 65 г на провокационном кормовом фоне при оценке в возрасте 62 – 66 недель жизни. Дозировка корма в период оценки кур с F1 по F11 уменьшена с 120 до 110 г, питательность рациона с 270 – 272 ккал ОЭ до 260 – 262 ккал ОЭ, протеина с 17,0 – 17,2 до 16,0 – 16,5%. Отбор кур на селективном фоне в F8 – F10 при среднесуточной дозировке корма в индивидуальной кормушке 113 г, при питательности 260 – 262 ккал ОЭ и 16,0 – 16,5% протеина позволил увеличить частоту встречаемости несушек в разрезе линий до 45 – 57% с интенсивностью яйцекладки 90,0 – 100,0% при массе яиц не менее 65 г. Для воспроизводства следующего поколения оставлялись сыновья только от кур, конверсия корма которых была не более 1,25 кг на 10 яиц и 1,93 кг на кг яйцемассы. В F11 при уменьшении среднесуточной дачи корма до 110 г при той же питательности рациона частота встречаемости кур с такой продуктивностью уменьшилась до 31 – 35%. При этом часть кур снизила живую массу на 50 – 100 г.

Оценку кур по таким физико-химическим характеристикам, как масса яиц, индекс формы, пигментация скорлупы, масса желтка и белка, необходимо приурочить к 30 – 35 неделям жизни. При этом цель селекции яичной линии: крупно желтковые яйца с оценкой по косвенным параметрам: ППФ – показатель плотности белковых фракций, окраска и толщина скорлупы, индекс формы.

В программе селекции линий предусматривается оценка и отбор кур на повышение энергетической ценности яиц с целью увеличения ккал в яйцах кур материнской родительской формы. Будет использован метод, разработанный во ВНИИГРЖ, ультразвукового сканирования для определения массы желтка яйца без разбивания скорлупы через диаметр желтка, измеренный по длинной оси по отношению к массе яйца [13].

При расчетах энергетических показателей снесенных яиц будет использована формула, приведенная в статье В. П. Хвостик, О. А. Катеринич и др. [14]:

$$\text{ЭЦ(кДж)} = \frac{16\text{МЖ (масса желтка)} + 2\text{МБ (масса белка)}}{\text{масса яйца} - \text{масса скорлупы}} \times 100$$

**Выводы.** На основе использования отечественной генофондной породы и двух зарубежных из «Генетической коллекции редких и исчезающих пород кур» ВНИИГРЖ и применения разработанных нами ранее на промышленной птице методов и программ селекции будет создан яично-мясной кросс кур с повышенной питательной ценностью яиц (энергетической), с категорией яиц не ниже С1 и мяса цыплят с содержанием протеина в грудных мышцах не менее 23 – 23,5%.

Яично-мясной кросс кур с повышенной питательной ценностью яиц и мяса будет использован в первую очередь в фермерских и приусадебных хозяйствах.

*Исследование выполнено по теме государственного задания № АААА-А18-118021590129-9.*

### Литература

1. **D.W. Burt.** Applications of biotechnology in the poultry industry / World's Poultry Science Journal. – Vol. 58. – № 1. – March 2002. – P. 513.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zootecnicainternational.com/featured/challenging-world-primary-breeder-matching-genetic-programs-market-requirements/> (дата обращения: 13.07.19).
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.aviagen.com/about-us/research-development/> (дата обращения: 13.07.19).
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.cobb-vantress.com/en\\_US/resource/articles/improving-broiler-performance-and-efficiency-each-year/](https://www.cobb-vantress.com/en_US/resource/articles/improving-broiler-performance-and-efficiency-each-year/) (дата обращения: 13.07.19).
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zootecnicainternational.com/poultry-facts/hy-line-accelerates-genetic-progress-across-lines/> (дата обращения: 13.07.19).
6. **Патент на бройлерный кросс ВНИИГРЖ ФБ 1 №75278, РФ** / И.Л. Гальперн, К.В. Племяшов, О.И. Станишевская, М.М. Сапего, О.Ю. Перинек; заявители и патентообладатели: ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» и Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения с.-х. животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста». – Заявл. 02.04.2018; опубл. 01.07.2019.
7. **Селекционно-генетические методы и программы** выведения новых линий и создания конкурентоспособных кроссов яичных и мясных кур. – СПб: Павел “ВОГ”, 2010. – 164 с.
8. **А.с. 348945 СССР, М.Кл. G01N33/08 A01R43/10.** Способ определения содержания в яйце плотной и жидкой фракций / П.П. Царенко, Ленинградский сельскохозяйственный институт. - № 1467611/28-13; Заявл. 24.08.1970; Опубл. 23.08.1972, Бюл. № 25.
9. **Патент № 2384053 РФ.** Способ инкубации яиц мясных кур / О.И. Станишевская, Е.С. Торицина; заявитель и патентообладатель ГНУ Всероссийский науч.-исслед. ин-т генетики и разведения с.-х. животных РАСХН. – Заявл. 21.03.2008; опубл. 20.03.2010.
10. **Гальперн И.Л., Синичкин В.В., Станишевская О.И., Бычаев А.Г. и др.** Ускорение темпов генетического прогресса продуктивных признаков яичных и мясных кур. – СПб., 2009. – 66 с.
11. **Патент на бройлерный кросс СК Русь 6, № 3872, РФ.** Государственная комиссия по испытанию и охране селекционных достижений / И.Л. Гальперн, В.В. Слепухин, Л.И. Сидоренко и др.; заявители и патентообладатели: ОАО «Племенной птицеводческий завод «Русь» и ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения с.-х. животных. Зарегистрирован в Госреестре охраняемых селекционных достижений 13.05.2008 г.

12. **Станишевская О.И.** Повышение генетического потенциала кур по продуктивным и адаптивным признакам на основе отбора по качественным характеристикам яиц и при оптимизации условий раннего онтогенеза: автореферат дис. ... доктора биол. наук. – СПб, 2010. – 43 с.
13. **Патент № 2482475, РФ.** Устройство и способ определения массы желтка без повреждения яйца / Станишевская О.И., Лапа М.А.; заявитель и патентообладатель ГНУ Всероссийский науч.-исслед. ин-т генетики и разведения с.-х. животных РАСХН. – Заявл. 11.03.2012; опубл. 20.05.2013.
14. **Хвостик В.П., Катеринич О.А., Панькова С.М. и др.** Морфологічні ознаки яєць курей вітчизняної та зарубіжної селекції // Птахівництво. – 2013. – Випуск 70. – С. 34-42.

### Literatura

1. **D.W. Burt.** Applications of biotechnology in the poultry industry / World's Poultry Science Journal. – Vol. 58. – № 1. – March 2002. – P. 513.
2. **[Elektronnyj resurs].** – Rezhim dostupa: <https://zootecnicainternational.com/featured/challenging-world-primary-breeder-matching-genetic-programs-market-requirements/> (data obrashcheniya: 13.07.19).
3. **[Elektronnyj resurs].** – Rezhim dostupa: <http://ru.aviagen.com/about-us/research-development/> (data obrashcheniya: 13.07.19).
4. **[Elektronnyj resurs].** – Rezhim dostupa: [https://www.cobb-vantress.com/en\\_US/resource/articles/improving-broiler-performance-and-efficiency-each-year/](https://www.cobb-vantress.com/en_US/resource/articles/improving-broiler-performance-and-efficiency-each-year/) (data obrashcheniya: 13.07.19).
5. **[Elektronnyj resurs].** – Rezhim dostupa: <https://zootecnicainternational.com/poultry-facts/hy-line-accelerates-genetic-progress-across-lines/> (data obrashcheniya: 13.07.19).
6. **Patent na brojlerijnyj kross VNIIGRZH FB 1 №75278, RF / I.L. Gal'pern, K.V. Plemyashov, O.I. Stanishevskaya, M.M. Sapego, O.YU. Perinek;** заявители i patentoobladateli: FGBNU «Federal'nyj nauchnyj centr zhivotnovodstva – VIZH imeni akademika L.K. Ernsta» i Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut genetiki i razvedeniya s.-h. zhivotnyh – filial Federal'nogo gosudarstvennogo byudzhnogo nauchnogo uchrezhdeniya «Federal'nyj nauchnyj centr zhivotnovodstva – VIZH imeni akademika L.K. Ernsta». – Zayavl. 02.04.2018; opubl. 01.07.2019.
7. **Selekcionno-geneticheskie metody i programmy** vyvedeniya novyh linij i sozdaniya konkurentosposobnyh krossov yaichnyh i myasnyh kur. – SPb: Pavel “VOG”, 2010. – 164 s.
8. **A.s. 348945 SSSR, M.Kl. G01N33/08 A01R43/10.** Sposob opredeleniya sodержaniya v yajce plotnoj i zhidkoj frakcij / P.P. Carenko, Leningradskij sel'skohozyajstvennyj institut. - № 1467611/28-13; Zayavl. 24.08.1970; Opubl. 23.08.1972, Byul. № 25.
9. **Patent № 2384053 RF.** Sposob inkubacii yaic myasnyh kur / O.I. Stanishevskaya, E.S. Toricina; заявитель i patentoobladatel' GNU Vserossijskij nauch.-issled. in-t genetiki i razvedeniya s.-h. zhivotnyh RASKHN. – Zayavl. 21.03.2008; opubl. 20.03.2010.
10. **Gal'pern I.L., Sinichkin V.V., Stanishevskaya O.I., Bychaev A.G. i dr.** Uskorenie tempov geneticheskogo progressa produktivnyh priznakov yaichnyh i myasnyh kur. – SPb., 2009. – 66 s.
11. **Patent na brojlerijnyj kross SK Rus' 6, № 3872, RF.** Gosudarstvennaya komissiya po ispytaniyu i ohrane selekcionnyh dostizhenij / I.L. Gal'pern, V.V. Slepudin, L.I. Sidorenko i dr.; заявители i patentoobladateli: ОАО «Племноной птицеводческий завод «Рус'» i ГНУ Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut genetiki i razvedeniya s.-h. zhivotnyh. Zaregistririvan v Gosreestre ohranyaemyh selekcionnyh dostizhenij 13.05.2008 g.
12. **Stanishevskaya O.I.** Povyshenie geneticheskogo potenciala kur po produktivnym i adaptivnym priznakam na osnove otbora po kachestvennym harakteristikam yaic i pri optimizacii uslovij rannego ontogeneza: avtoreferat dis. ... doktora boil. nauk. – SPb, 2010. – 43 s.
13. **Patent № 2482475, RF.** Ustrojstvo i sposob opredeleniya massy zheltka bez povrezhdeniya jajca / Stanishevskaya O.I., Lapa M.A.; заявитель i patentoobladatel' GNU Vserossijskij nauch.-issled. in-t genetiki i razvedeniya s.-h. zhivotnyh RASKHN. – Zayavl. 11.03.2012; opubl. 20.05.2013.
14. **Hvostik V.P., Katerinich O.A., Pan'kova S.M. i dr.** Morfologichni oznaki yasc' kurej vitichiznyanoi ta zarubizhnoi selekcii // Ptahivnictvo. – 2013. – Vipusk 70. – S. 34-42.



УДК 636.01

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14112

Доктор с.-х. наук **И.И. ПОПОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, spbgau1965@mail.ru)  
Ст. преподаватель **Ю.В. ШОШИНА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, yd1983@yandex.ru)

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УРОВНЯ БЕЛКА В ЖЕЛТКЕ ЯИЦ КАК СЕЛЕКЦИОННОГО ПРИЗНАКА**

В условиях высокого уровня реализации генетического потенциала птицы важное значение приобретает поиск новых приемов в селекционной работе.

В племенном яичном птицеводстве основной задачей остается выведение и совершенствование линий и кроссов для воспроизводства высокопродуктивной гибридной птицы. Исходным материалом служат популяции кур ранее созданных кроссов. При совершенствовании кроссов и линий кур, составляющих эти кроссы, ведется поиск выдающихся по продуктивным качествам производителей для формирования новых семейств или микролиний, или новых селекционных параметров, по которым можно вести селекционную работу.

Важнейшим селекционными признаками яичных кур является яйценоскость, масса яиц и качество скорлупы. Интенсивность яйценоскости кур за первые 4-5 месяца кладки достигает 95%, что практически является пиком их физиологических возможностей.

Известно, что признаки, характеризующие яичную продуктивность, имеют между собой отрицательную корреляцию. Так, увеличение яйценоскости кур приводит к уменьшению их массы, и наоборот, а увеличение массы яиц ведет к ухудшению качества скорлупы. За последние 25 лет селекция увеличения массы яиц на 6 г привела к уменьшению толщины скорлупы на 0,05 мм [1].

Поэтому дальнейшая направленная селекция по яйценоскости и массе яиц может в конечном итоге привести к ухудшению главных показателей в птицеводстве.

Селекция на повышение яйценоскости, по мнению М.М. Демченко, может привести к десинхронизации образования желтка и времени всего образования яйца в яйцеводе птицы, что, в свою очередь, может привести к катастрофическим последствиям.

Авторы, проводящие исследования в этом направлении, обращают внимание на возможность селекции кур на увеличение доли желтка в яйце, который, в свою очередь, положительно сказывается на вкусовых качествах яиц и на выводимости яиц. Также ими отмечено, что более крупные желтки встречаются в мелких яйцах (45%), а мелкие желтки – в более крупных яйцах (44%). Кроме того, в крупном желтке на 2-4% содержится больше протеина, за счет которого и происходит укрупнение желтка [2].

Желток – это дейтоплазма, то есть резервные питательные вещества, которые накапливаются в яйце. В желтке яиц содержится много очень полезных веществ: холин, витамины группы В, А, Д; минералы – К, Са, Mg, S, необходимые для выработки гормонов, например тестостерона; лецитин – антисклеротическое средство, питающее нервную и мозговую ткань; каратиноиды (лютин и зеаксантин), смягчающие развитие катаракты, и так далее. Липиды желтка представлены целым рядом ненасыщенных жирных кислот (олеиновой, линолевой, линоленовой, архаидоновой и другие). Отношение ненасыщенных кислот к насыщенным составляет 7:3, что обуславливает низкую температуру плавления жиров и их высокую усвояемость [3]. Именно поэтому мы обратили внимание на уровень белка в желтке яйца как на селекционный признак [4].

Любой признак может быть критерием отбора, если он в достаточной степени стабилен. С возрастом у кур наблюдается непрерывное увеличение массы желтка и уменьшение содержания белка в желтке, и только в 30-34-недельном возрасте наступает определенная стабильность этих признаков [5].

**Цель исследования** – поиск дополнительных стабильных признаков при отборе кур для селекционной работы.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Работа была проведена на курах породы Хайсекс во ФГУП «Генофонд». В опытах была изучена связь между массой яиц и содержанием белка в желтке в первых снесенных яйцах, а в дальнейшем и в яйцах, полученных от кур 32-недельного возраста, и яйценоскостью. В каждом опыте определяли содержание белка в двух последовательно снесенных яйцах. Определение массовой доли белка осуществляли методом Кьюльзала. Метод основан на минерализации навески продукта при нагревании с концентрированной серной кислотой в присутствии катализаторов. Методом Кьюльзала определяется количество общего азота, и массовая доля белка вычисляется умножением полученной величины общего азота на переводной коэффициент [6-10].

В первом случае, когда определяли взаимосвязь между уровнем белка в желтке в первых снесенных яйцах и яичной продуктивностью и суточным потреблением корма в 40-42-недельном возрасте, никакой закономерности не выявлено. Эти показатели на единицу продукции, независимо от содержания белка в желтке яиц, были одинаковыми по группам. Результаты 2-го опыта, проведенного в 24 недели жизни, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели продуктивности кур в зависимости от содержания белка в желтке яиц (10-дневный учет продуктивности, возраст 24 недели)

Показатели	Группы (содержание белка в желтке, %)			
	1-я	2-я	3-я	4-я
	до 14,50	14,51-15,50	15,51-16,50	более 16,50
Число голов	16	43	36	21
Фактическое содержание белка в желтке, %	14,0±0,09	15,11±0,02	15,79±0,02	17,04±0,07
Суточное потребление корма, г	141,7±1,8	141,4±1,5	138,1±1,5	137,4±1,8
Живая масса, г	1620±28	1616±19	1633±21	1644±24
Снесено яиц, шт.	8,1±0,4	9,1±0,2	8,8±0,2	9,0±0,2
Масса яиц, г	61,9±0,7	61,2±0,3	60,4±0,3	59,9±0,5
Яйцемасса, г	501,1±11,2	550,3±7,5	531,2±7,7	536,8±9,4
Затраты корма, кг:				
- на 10 яиц	1,76±0,07	1,56±0,03	1,57±0,03	1,52±0,04
- на 1 кг яйцемассы	2,83±0,09	2,57±0,05	2,60±0,07	2,52±0,08
Коэффициент конверсии корма(ККК)	0,177	0,159	0,162	0,153

Как видно из табл. 1, с повышением содержания белка в желтке наблюдается снижение затрат корма на 10 яиц и на 1 кг яйцемассы. При росте процента белка от 14,0 до 17,04% затраты корма на 10 яиц снизились от 1,76 до 1,52 кг, а на 1 кг яйцемассы – от 2,83 до 2,52 кг/кг. Разница по затратам корма значительна и достоверна.

Анализ коэффициента корреляции показал, что существует устойчивая связь, значение которой составляет - 0,21±0,06.

Из данных табл. 1 видно, что на фактическое содержание белка в желтке яиц влияет масса яйца. Так, в 4-й группе она была на 2 г меньше и составила 59,9 г.

В связи с этим кур разбили по массе снесенных яиц на 3 группы, а в пределах каждой группы, в зависимости от процентного содержания белка в желтке, на подгруппы. Результаты этого анализа приведены в табл. 2, из которой видно, что в пределах каждой весовой категории яиц наблюдается четкая закономерность: с увеличением процентного содержания белка в желтке яиц коэффициент конверсии корма уменьшается; достоверно уменьшаются затраты корма на 10 яиц и 1 кг яйцемассы.

Таблица 2. Показатели продуктивности кур в зависимости от содержания белка в желтке яиц с учетом массы яиц

Группы по массе яиц в 24-недельном возрасте	Число голов	Содержание белка в желтке, %	Живая масса, г	Яйценоскость, шт. за 10 дней учета	Масса яйца в 34 недели	Яйце-масса, г	Суточное потребление корма, г	Затраты корма		ККК
								на 10 яиц	на 1 кг яйце-массы	
I до 56 г	10	14,20±0,12	1613±29	8,6±0,4	59,0±0,9	506,1±27,1	135,9±2,7	1,64±0,05	2,78±0,06	0,174
	7	14,71±0,17	1718±37	9,0±0,5	61,9±1,0	554,0±20,6	145,0±2,5	1,62±0,06	2,62±0,08	0,152
	10	15,29±0,07	1568±34	9,2±0,3	58,2±0,8	534,4±23,2	136,1±2,1	1,51±0,05	2,59±0,07	0,165
	18	16,27±0,06	1533±22	9,3±0,2	58,5±0,4	543,7±14,2	129,3±1,6	1,39±0,02	2,38±0,04	0,155
	12	16,62±0,08	1664±27	9,5±0,3	59,8±0,7	567,7±26,1	136,9±2,3	1,44±0,5	2,41±0,05	0,145
II 56-59 г	13	14,50±0,11	1633±33	8,6±0,3	63,9±0,6	549,6±19,2	139,0±2,2	1,64±0,04	2,56±0,04	0,153
	18	15,75±0,05	1665±21	8,9±0,2	59,2±0,5	527,4±11,7	134,8±1,8	1,53±0,03	2,59±0,04	0,154
	15	15,30±0,09	1676±26	8,8±0,2	64,1±0,6	562,0±22,3	139,8±2,0	1,60±0,03	2,49±0,05	0,151
III 59 г	12	16,54±0,07	1667±35	3,9±0,3	63,3±0,7	561,8±24,2	136,4±2,5	1,55±0,05	2,45±0,04	0,149

Мы считаем, что для оценки птицы по конверсии корма целесообразно использовать показатель содержания белка в желтке яиц. Однако необходимо учесть, что такая селекция в линиях, специализированных по массе яиц, может привести к уменьшению массы яиц, так как масса яиц отрицательно коррелирует с оплатой корма ( $-0,12 \pm 0,05$ ). В то же время оценка по этому показателю с коррекцией на массу яиц, по нашему мнению, может быть с успехом использована в качестве теста для элиминации из гнездовой селекции молодых кур с высокими затратами корма на 10 яиц и 1 кг яичной массы. А это уже в плане получения селекционного эффекта по оплате корма представляет большой интерес.

С этой же целью можно использовать содержание белка в желтке яиц в 24–26-недельном возрасте в качестве предварительной оценки с поправкой на массу яйца.

Получена достоверная положительная связь между содержанием белка в желтке и экономичностью использования курами корма на выход яйцемассы. При увеличении процента белка в желтке яиц с 14 до 17% затраты корма у этих кур на 10 яиц снизились с 1,76 до 1,52 кг, а на 1 кг яйцемассы – с 2,83 до 2,52 кг. У кур, несущих более мелкие яйца (до 56 г), эта связь с процентом белка в желтке яиц 14%.

Соответственно у кур, несущих крупные яйца (свыше 59 г), с увеличением процента белка в желтке их яиц затраты кормов снижаются на 4,0–6,0%.

**Результаты исследований.** Использование при селекции яичных кур показателя по содержанию белка в желтке снесенных яиц свидетельствует о снижении затрат кормов на 10 яиц и на 1 кг яйцемассы при росте содержания белка в желтке. При росте процента белка с 14% до 17,0% затраты корма снизились с 1,76 кг до 1,52 кг, а затраты на 1 кг яйцемассы – с 2,83 кг до 2,52 кг. Коэффициент корреляции показал значение  $-0,21$ .

Кроме того, выявлено, что на содержание белка в желтке яиц кур влияет масса яиц. Так, в группе кур с содержанием белка более 16,5% масса яиц составила 59,5 г, а в группе с

содержанием белка в желтке до 14,5% масса яиц была 61,9 г, то есть разница была 2 г. Аналогичные данные получены и во 2-м опыте.

Коэффициент конверсии корма в группах составил от 0,174 до 0,145 в 1-й группе и от 0,153 до 0,149 во 2-й группе.

**Выводы.** В качестве предварительной оценки кур по затратам кормов на 1 кг яйцемассы рекомендуется использовать уровень содержания белка в желтке яиц в пределах каждой весовой категории яиц при отборе кур в гнезда. Необходимо исключать из воспроизводства кур с низким содержанием белка в желтке яиц.

### Литература

1. **Демченко М.М.** Оценка и отбор кур по яйценоскости и качеству яиц: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Сергиев Посад, 1997.
2. **Торицина Е.С.** Биологическая роль желтка в повышении генетического потенциала кур по хозяйственно-полезным признакам: дис... канд. биол. наук. – СПб., 2005.
3. **Царенко П.П.** Повышение качества продукции птицеводства: пищевые и инкубационные яйца. – Л.: Агропромиздат. 1988. – 240 с.
4. **Штеле А.Л.** Куриное яйцо: вчера, сегодня, завтра. – М.: Агробизнесцентр, 2004. – 106 с.
5. **Табарина Л.Г.** Возраст кур и качество их яиц // Труды Кубанского сельскохозяйственного института, 1988. – С. 109-117.
6. **Гласкович М.А., Шулик М.В., Соляник Т.В., Галкович И.А.** Основы технологии производства и переработки продукции растениеводства и животноводства. – Часть I. Технология производства и переработки продукции животноводства. – Горки: БГСХА, 2013. – 312 с.
7. **Нечаев А.П.** Технология пищевого производства. – Колос, 2005. – 768 с.
8. **Фалунина З.Ф., Евницкая Н.А., Виноградова А.А.** Лабораторный практикум по общей технологии пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 271 с.
9. **Федорова Р.А.** Пищевая химия. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие. – СПб, 2015.
10. **Штеле А. Л.** Научное обоснование использования белка в желтке яиц в селекционной работе // Птицеводство. – 2013. – № 6. – С. 2-7.

### Literatura

1. **Demchenko M.M.** Ocenka i otbor kur po jajcenoskosti i kachestvu yaic: avtoref. dis... kand. s.-h. nauk. – Sergiev Posad, 1997.
2. **Toricina E.S.** Biologicheskaya rol' zheltka v povyshenii geneticheskogo potenciala kur po hozyajstvenno-poleznym priznakam: dis... kand. biol. nauk. – SPb., 2005.
3. **Carenko P.P.** Povyshenie kachestva produkcii pticevodstva: pishchevye i inkubacionnye yajca. – L.: Agropromizdat. 1988. – 240 s.
4. **SHtele A.L.** Kurinoe yajco: vchera, segodnya, zavtra. – M.: Agrobiznecentr, 2004. – 106 s.
5. **Tabarina L.G.** Voзраст kur i kachestvo ih yaic // Trudy Kubanskogo sel'skohozyajstvennogo instituta, 1988. – S. 109-117.
6. **Glaskovich M.A., SHulik M.V., Solyanik T.V., Galkovich I.A.** Osnovy tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. – CHast' I. Tekhnologiya proizvodstva i pererabotki produkcii zhivotnovodstva. – Gorki: BGSKHA, 2013. – 312 s.
7. **Nechaev A.P.** Tekhnologiya pishchevogo proizvodstva. – Kolos, 2005. – 768 s.
8. **Falunina Z.F., Evnickaya N.A., Vinogradova A.A.** Laboratornyj praktikum po obshchej tekhnologii pishchevyh produktov. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1978. – 271 s.
9. **Fedorova R.A.** Pishchevaya himiya. Laboratornyj praktikum: uchebno-metodicheskoe posobie. – SPb, 2015.
10. **SHtele A.L.** Nauchnoe obosnovanie ispol'zovaniya belka v zheltke yaic v selekcionnoj rabote // Pticevodstvo. – 2013. – № 6. – S. 2-7.

УДК 621.431.74

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14116

Канд. техн. наук **А.В. ДЕРГАЧЕВ**  
(ВМПИ ВУНЦ ВМФ ВМА, dergachew.av@rambler.ru)  
Адъюнкт **А.С. КАЛИНИН**  
(ВУНЦ ВМФ ВМА, kalinin2159@mail.ru)

### **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ ПО СПЕЦИАЛЬНЫМ ЦИКЛАМ**

Перевод дизельных двигателей в режим функционирования по специальным циклам характерен тем, что для сжигания топлива в цилиндрах дизеля в качестве рабочего тела используется искусственная газовая смесь (ИГС), которая по своему составу, физическим и термодинамическим свойствам принципиально отличается от воздуха и оказывает существенное влияние на протекание процессов воспламенения и сгорания топлива, а, следовательно, на мощностные и экономические показатели дизеля [1,2,3].

**Цель исследования** – повышение эффективности использования дизельных двигателей, работающих по полузамкнутому циклу на искусственной газовой смеси с основным инертном-диоксидом углерода.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Эксплуатационные характеристики дизеля, работающего по специальным циклам, в составе воздухонезависимой установки. Предметом исследования являются зависимости основных показателей работы дизеля от состава искусственной газовой смеси.

**Результаты исследований.** На основании экспериментальных данных показано влияние химического состава ИГС, выраженного коэффициентом (показателем) адиабаты сжатия  $k_{id}$ , на значения давлений чистого сжатия  $P_c$ , полученные в результате снятия индикаторных диаграмм с отключенной подачей топлива на цилиндр дизеля (рис. 1).

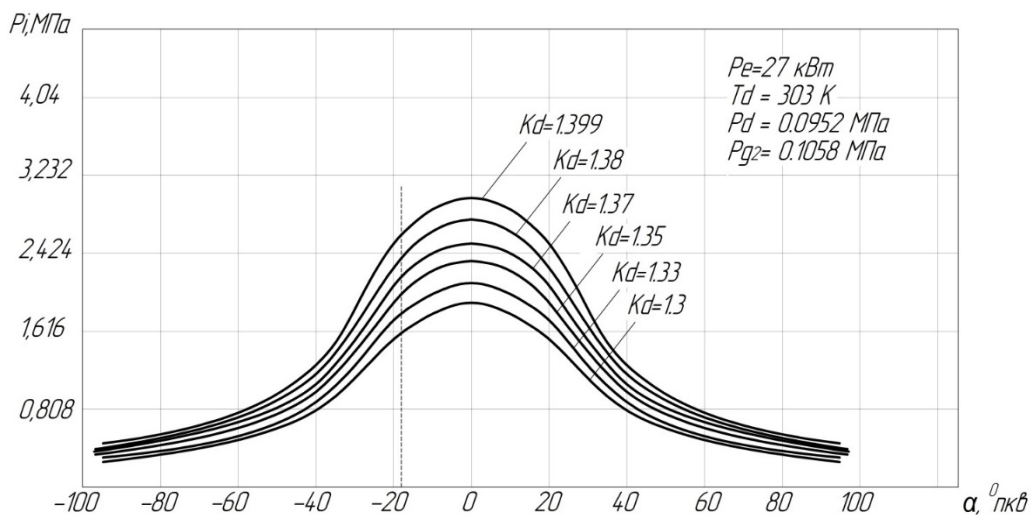


Рис.1. Зависимость давления чистого сжатия от химического состава ИГС

Снижение давления и температуры сжатия при уменьшении  $k_d$  приводят к тому, что пропорционально увеличивается период задержки самовоспламенения  $\tau_i$ , а при определенном составе ИГС самовоспламенение топлива прекращается из-за недостаточной температуры. Для обеспечения устойчивого самовоспламенения топлива, температуру смеси

перед цилиндром  $t_d$  приходится значительно повышать, что ухудшает показатели работы дизеля (рис.2). Для улучшения самовоспламенения топлива приходится также увеличивать объемную концентрацию кислорода (рис.3).

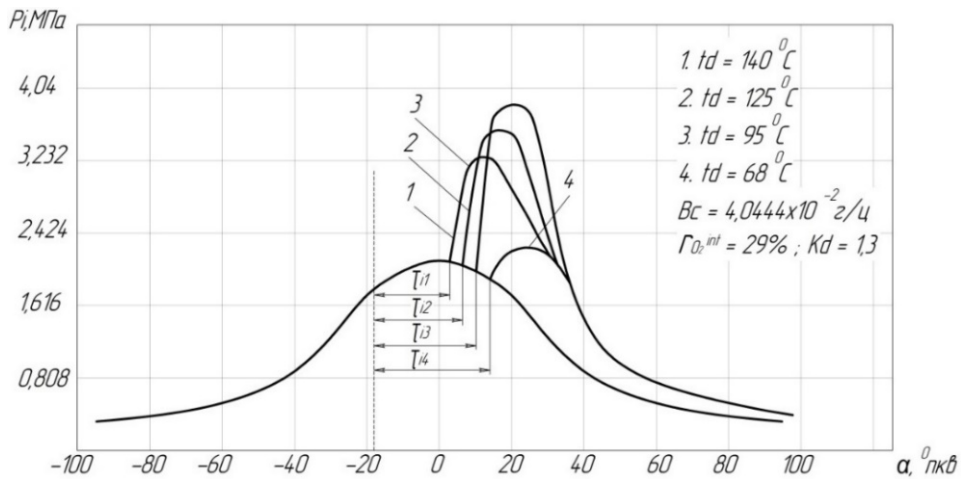


Рис. 2. Зависимость  $\tau_i$  от  $t_d$  при  $K_d = \text{const}$  и  $V_{ц} = \text{const}$

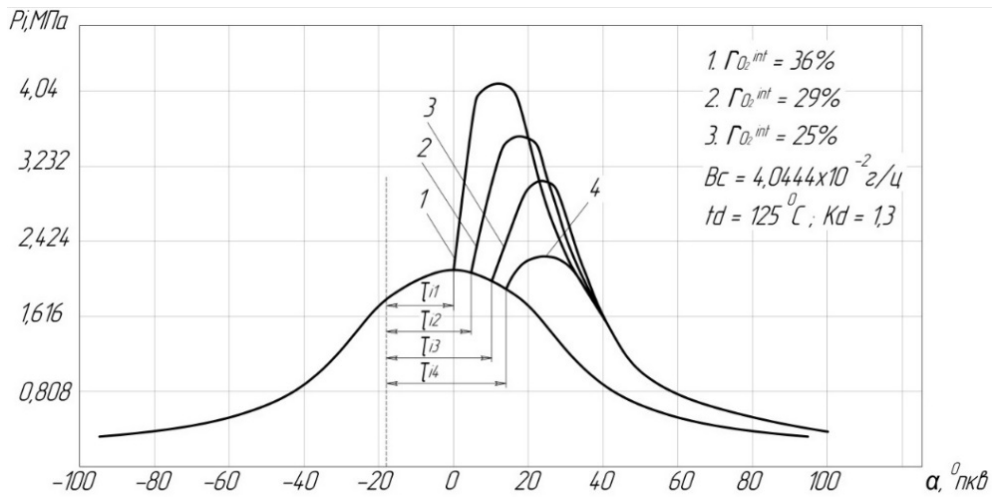


Рис. 3. Зависимость  $\tau_i$  от  $\Gamma_{O_2}^{int}$  при  $K_d = \text{const}$  и  $V_{ц} = \text{const}$

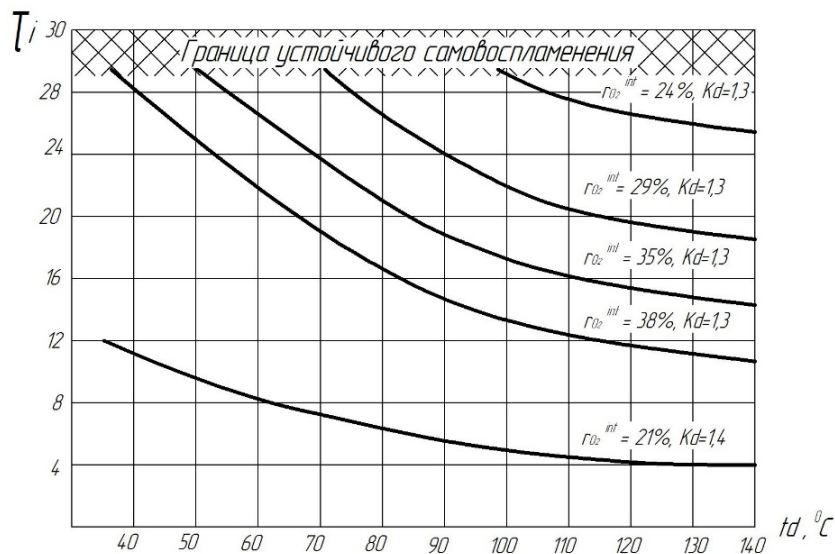


Рис. 4. Рис. 3. Зависимость  $\tau_i$  от  $t_d$  при различных  $K_d = \text{const}$  при  $\Gamma_{O_2}^{int} = \text{var}$  и  $V_{ц} = \text{var}$

Результаты исследований показали, что самовоспламенение топлива прекращается, если период задержки самовоспламенения чрезмерно возрастает и начало сгорания переходит на линию расширения в область малых температур  $t_{c1}$  и давлений  $p_{c1}$  на момент самовоспламенения, не обеспечивающих необходимую скорость предпламенных процессов. Для компенсации уменьшения  $t_{c1}$  и  $p_{c1}$  необходимо увеличивать  $t_d$  и  $r_{O_2}^{int}$ , что, как видно из рис. 4, приводит к уменьшению периода самовоспламенения и расширению зоны устойчивого самовоспламенения.

Результаты расчетов показателей работы дизеля ЧН30/38 при изменении химического состава рабочего тела на полной мощности приведены в табл. 1 и показаны на рис. 5.

Таблица 1. Влияние химического состава ИГС на показатели работы дизеля 6ЧН30/38 при  $G_T^H = const$ ,  $r_{O_2} = const$ ,  $T_d = const$

$k_d$	$G_B^H$	$\bar{G}$	$T_\Gamma$	$\bar{T}_\Gamma$	$\eta_i$	$\bar{\eta}_i$	$N_e$	$\bar{N}_e$	$\eta_e$	$\bar{\eta}_e$	$g_b$	$\bar{g}_e$
1,392	5749	1	923	1	0,437	1	1254	1	0,341	1	0,248	1
1,37	5871	1,02	936	1,01	0,428	0,98	1192	0,95	0,332	0,967	0,255	1,033
1,348	6021	1,05	951	1,027	0,409	0,937	1130	0,901	0,314	0,907	0,27	1,093
1,326	6491	1,13	963	1,04	0,380	0,871	994	0,793	0,283	0,788	0,299	1,212
1,304	6676	1,16	971	1,05	0,369	0,845	925	0,737	0,263	0,72	0,322	1,28

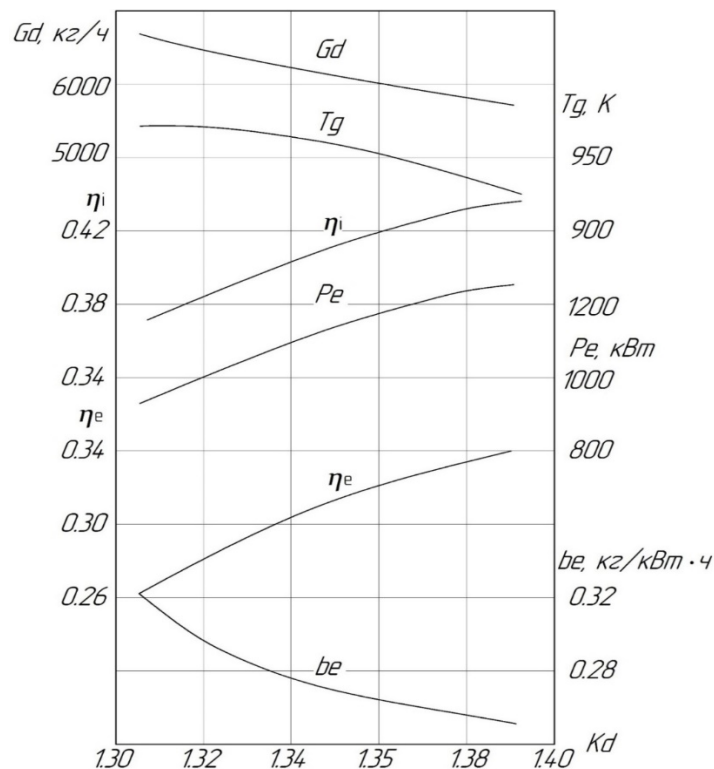


Рис. 5. Изменение основных показателей работы дизеля при работе на ИГС с основным инертном-диоксидом углерода.

Анализ экспериментальных и расчетных исследований позволил сделать следующие выводы:

1. Диоксид углерода по сравнению с азотом имеет большую молекулярную массу ( $\mu = 39,3$  (кг/кмоль), а для воздуха  $\mu = 29$  (кг/кмоль), что приводит к уменьшению средних значений показателей адиабат сжатия и расширения газа  $k_d$ .

2. При переходе на диоксид углерода значительно ухудшаются показатели работы дизеля, что вызвано снижением давления и температуры конца сжатия; замедлением процессов подготовки топлива к самовоспламенению; увеличением периода задержки самовоспламенения; смещением процесса сгорания на линию расширения; увеличением тепловых потерь (цикл приближается к изобарному);

3. Для обеспечения устойчивого самовоспламенения топлива ИГС перед цилиндром приходится подогревать, что дополнительно ухудшает показатели работы дизеля:

- снижается индикаторный КПД и индикаторная мощность (на 16%);
- снижается эффективный КПД и эффективная мощность (на 26%);
- растет удельный эффективный расход топлива (на 26%).

Выявленные недостатки частично можно компенсировать увеличением концентрации кислорода в смеси и углом опережения подачи топлива, но не полностью и в узком диапазоне изменения. Повышенный расход кислорода является нежелательным из-за его ограниченных запасов и небезопасности подготовки и использования ИГС с таким составом для работы дизеля.

Для ИГС кислород-диоксид углерода была определена объемная концентрация кислорода для компенсации уменьшения коэффициента избытка кислорода [4].

Таблица 2. Ориентировочные соотношения между объемными и массовыми концентрациями кислорода в ИГС состава ( $kd \approx 1,30-1,32$ )

$\tau_{O_2}$	$M_{O_2}$	$\tau_{CO_2}$	$M_{CO_2}$	$M_{CH}$	$\vartheta_{O_2}$	$\vartheta_{CO_2}$
21	672	79	3476	4148	16,2	83,8
24	768	76	3344	4112	18,7	81,3
26	832	74	3256	4088	20,4	79,6
28	896	72	3168	4064	22	78
<b>29</b>	<b>928</b>	<b>71</b>	<b>3124</b>	<b>4052</b>	<b>22,9</b>	<b>77,1</b>
<b>30</b>	<b>960</b>	<b>70</b>	<b>3080</b>	<b>4040</b>	<b>23,8</b>	<b>76,2</b>
32	1024	68	2992	4016	25,5	74,5
35	1120	65	2860	3980	28,2	71,8
38	1216	62	2728	3944	30,8	69,2
40	1280	60	2640	3920	32,7	67,3

Из табл. 2 видно, что при одинаковой объемной концентрации кислорода  $\tau_{O_2}$  на воздухе и «тяжелой» ИГС, массовая концентрация кислорода  $\vartheta_{O_2}$  в ИГС ниже на 7%, что вызывает необходимость пропорционального увеличения объемной концентрации кислорода с уменьшением показателя адиабаты сжатия,  $k_a$  («утяжелением смеси»).

Для ИГС с ( $kd \approx 1,30-1,32$ ), при поддержании коэффициента избытка кислорода  $\alpha_{O_2}$  в пределах 1,7-2,2 необходимо увеличение  $\tau_{O_2}$  в ИГС до 29-30%, при этом массовый расход кислорода остается практически такой же, как на воздухе.

Для улучшения показателей дизеля, функционирующего на ИГС с основным инертном-диоксидом углерода, необходимо:

- компенсировать снижение  $P_c$  и  $T_c$  (для обеспечения надежного сгорания топлива);
- уменьшить, а лучше исключить, подогрев смеси перед цилиндром.

Способы повышения эффективности использования дизельных двигателей, работающих по полузамкнутому циклу на ИГС с основным инертном-диоксидом углерода:

- увеличение давления наддува смеси (для двигателей с наддувом),
- увеличение степени сжатия;
- увеличение давления наддува.



Такой способ позволяет значительно увеличить давление конца сжатия и значительно улучшить смесеобразование в цилиндре, но не позволяет пропорционально увеличить температуру конца сжатия, что связано с охлаждением ИГС после компрессора [5]. В случае отключения охладителей воздуха, температура перед цилиндрами возрастает и потери мощности весьма значительны. Граница устойчивого самовоспламенения топлива сдвигается в сторону меньших температур, а индикаторные показатели возрастут из-за более качественного смесеобразования и сгорания топлива. Поэтому такой способ является перспективным, кроме того, уменьшаются затраты на обеспечение работы такой установки, так как увеличение температуры смеси перед цилиндрами дизеля возможно осуществить без подогревателя, что дополнительно улучшает экономичность дизеля [6].

На рис. 6. показано изменение давления конца сжатия в цилиндрах дизеля 6ЧН12/14, функционирующего на ИГС с основным инертном – диоксидом углерода, при различных постоянных степенях повышения давления в компрессоре  $\pi_k$ .

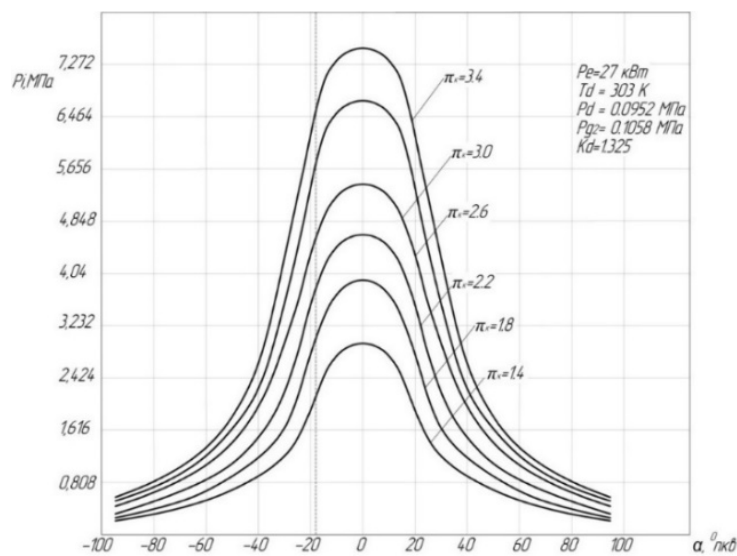


Рис.6. Изменение давления конца сжатия в цилиндре дизеля, работающего на ИГС ( $k_d \approx 1,325$ )

#### Увеличение степени сжатия

Увеличение степени сжатия до  $\epsilon \approx 17$  при  $k_d \approx 1,3-1,32$  для двигателя 6Ч12/14 позволяет добиться значений давлений и температур конца сжатия, аналогичных при работе дизеля на воздухе, то есть полностью исключить подогрев ИГС, который значительно снижает индикаторные и эффективные показатели работы дизеля (рис.7).

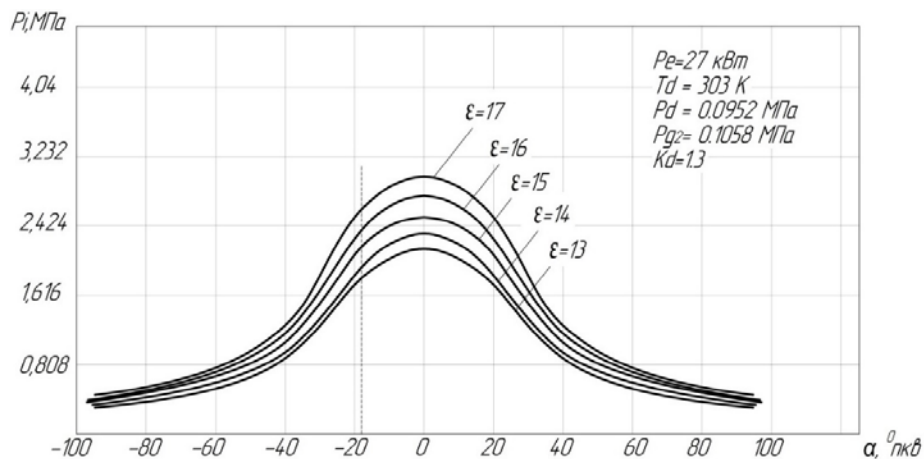


Рис. 7. Зависимость давления чистого сжатия от степени сжатия для ИГС с основным инертном- диоксидом углерода

На рис. 8 и 9 изображены зависимости давления и температуры конца сжатия  $P_c$  и  $T_c$ , от степени сжатия при различных постоянных  $k_d$ . В скобках приведены значения  $k_d$  с учетом утечек, наличия влаги и температуры смеси, определенные по формуле:

$$k_d = \frac{\ln P_c - \ln P_a}{\ln \varepsilon}, \quad (1)$$

где  $P_c$  – давление конца сжатия;

$P_a$  – давление начала сжатия.

Результаты расчетов температур и давлений конца сжатия для ИГС различного химического состава показаны на рис. 8 и 9.

Как видно из полученных результатов, темп увеличения давления конца сжатия превышает темп увеличения температуры конца сжатия, и по мере уменьшения  $k_d$  темп роста температуры становится меньшим (линии становятся более пологими).

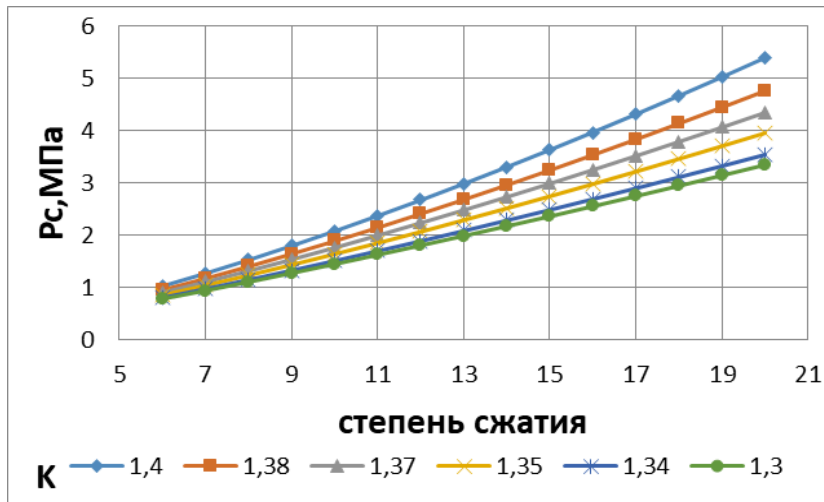


Рис.8. Зависимости изменения давлений конца сжатия при различном постоянном химическом составе ИГС

Для определения возможной компенсации снижения давления и температуры конца сжатия за счет увеличения степени сжатия при функционировании дизеля на ИГС при постоянных различных  $k_d$ . была проведена линия, соответствующая температуре самовоспламенения топлива на воздухе (рис.9) из точек пересечения с температурами конца сжатия ИГС различного состава.

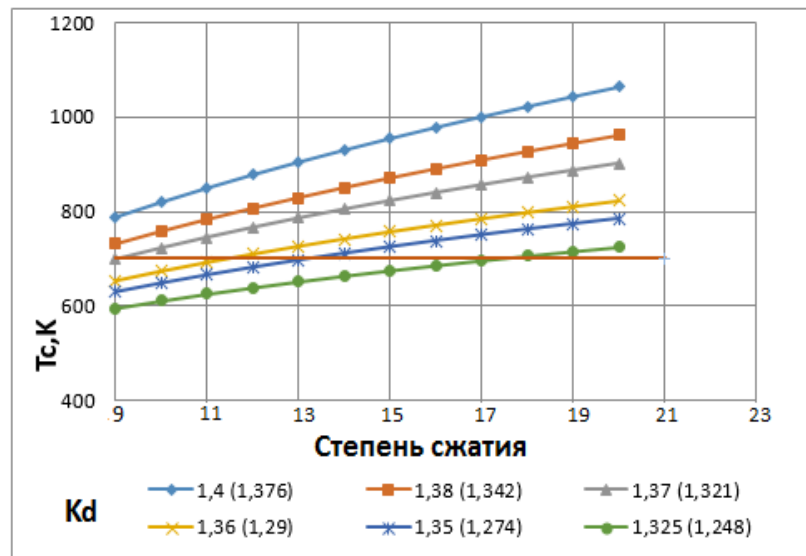


Рис. 9. Зависимости изменения температур конца сжатия при различном постоянном химическом составе ИГС

Увеличение степени сжатия до  $\varepsilon \approx 17$  при  $k_d \approx 1,3$  для двигателя 6Ч12/14 позволяет добиться значений давлений и температур конца сжатия, аналогичных при работе дизеля на воздухе, то есть полностью исключить подогрев ИГС, который значительно снижает индикаторные и эффективные показатели работы дизеля [7]. Самовоспламенение топлива при этом будет происходить в районе ВМТ при условии, что будет поддерживаться концентрация кислорода на уровне 28-29%.

#### **Выводы:**

1. Работа дизеля на ИГС с основным инертном-диоксидом углерода происходит при пониженных значениях давления и температуры конца сжатия; для обеспечения устойчивого самовоспламенения топлива смесь перед цилиндром нагревается до температуры более 100°C.

2. Повышение температуры ИГС перед цилиндрами и ухудшение смесеобразования из-за снижения давления в цилиндре приводят к значительному снижению технико-экономических показателей дизеля.

3. Повышение давления наддува позволяет увеличить давление конца сжатия и улучшить смесеобразование в цилиндре, но не позволяет также увеличить и температуру конца сжатия, что связано с охлаждением после компрессора; при снижении КПД охладителя произойдет снижение мощности дизеля из-за уменьшения плотности смеси (одновременного роста температуры и снижения давления наддува).

4. Увеличение степени сжатия до  $\varepsilon \approx 17$  при  $k_d \approx 1,3$  для двигателя 6Ч12/14 позволяет добиться значений давлений и температур конца сжатия, аналогичных при работе дизеля на воздухе, то есть полностью исключить подогрев ИГС, который значительно снижает индикаторные и эффективные показатели работы дизеля.

#### **Литература**

1. **Картошкин А.П., Бiryukov А.Л., Зефиrow И.В.** Повышение плавности и точности регулирования производительности газогенератора для двигателя внутреннего сгорания мобильных энергетических средств и стационарных установок // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – Вып. № 41. – Том 1. – С. 91-94.
2. **Корабельников С.К., Картошкин А.П., Чистяков А.Н.** Интенсификация смесеобразования в дизеле // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – Вып. № 41. – Том 1. – С. 105-109.
3. **Агапов Д.С., Картошкин А.П.** Оптимальные режимы работы газопоршневых установок // Сельский механизатор. – 2015. – № 5. – С. 32 - 34
4. **Ашкинази Л.А., Чипизубов В.В., Картошкин А.П., Аффене М.А.** Использование пористых композитных материалов для фильтрации широкого спектра газовых сред // Компрессорная техника и пневматика. – 2014. – № 4. – С. 39 – 43.
5. **Бiryukov А.Л., Плотников С.А., Картошкин А.П.** и др. Разработка газогенератора для применения на мобильных энергетических средствах // Известия Международной академии аграрного образования. – 2017. – Вып. № 35. – С. 15-19.
6. **Агафонов А.Н.** Работа дизелей в условиях функционирования по специальным циклам. – СПб.: Политехнический университет, 2005. – 318 с.
7. **Дергачев А.В., Калинин А.С., Ляхов М.А., Раскевич. С.С.** Исследование возможностей улучшения показателей работы дизелей, работающих по специальным циклам в составе воздухонезависимых установок. – СПб: ВМПИИ ВУНЦ ВМФ ВМА, 2018. – 130 с.

#### **Literatura**

1. **Kartoshkin A.P., Biryukov A.L., Zefirov I.V.** Povyshenie plavnosti i tochnosti regulirovaniya proizvoditel'nosti gazogeneratora dlya dvigatelya vnutrennego sgoraniya mobil'nyh energeticheskikh sredstv i stacionarnykh ustanovok // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2018. – Vyp. № 41. – Tom. 1. – S. 91-94.

2. **Korabel'nikov S.K., Kartoshkin A.P., CHistyakov A.N.** Intensifikaciya smeseobrazovaniya v dizele // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2018. – Вып. № 41. – Том 1. – С. 105-109.
3. **Agapov D.S., Kartoshkin A.P.** Optimal'nye rezhimy raboty gazoporshnevnyh ustanovok // Sel'skij mekhanizator. – 2015. – № 5. – С. 32 - 34
4. **Ashkinazi L.A., CHipizubov V.V., Kartoshkin A.P., Affene M.A.** Ispol'zovanie poristyh kompozitnyh materialov dlya fil'tracii shirokogo spektra gazovyh sred // Kompresornaya tekhnika i pnevmatika. – 2014. – № 4. – С. 39 – 43.
5. **Biryukov A.L., Plotnikov S.A., Kartoshkin A.P. i dr.** Razrabotka gazogeneratora dlya primeneniya na mobil'nyh energeticheskikh sredstvah// Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2017. – Вып. № 35. – С. 15-19.
6. **Agafonov A.N.** Rabota dizelej v usloviyah funkcionirovaniya po special'nym ciklam. – SPb.: Politekhničeskij universitet, 2005. – 318 s.
7. **Dergachev A.V., Kalinin A.S., Lyahov M.A., Raskevich. S.S.** Issledovanie vozmozhnostej uluchsheniya pokazatelej raboty dizelej, rabotayushchih po special'nym ciklam v sostave vozduhonezavisimyh ustanovok. – SPb: VMPII VUNC VMF VMA, 2018. – 130 s.

УДК 621.436

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14123

Доктор техн. наук **А.В. НЕГОВОРА**  
 Канд. техн. наук **Ш.Ф. НИГМАТУЛЛИН**  
 Канд. техн. наук **М.М. РАЗЯПОВ**  
 Инженер **Р.Ф. САМИКОВ**  
 (ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»)

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРА ГОРЯЧИХ ГАЗОВ С ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАСАДКОЙ

Вопросы улучшения эксплуатационных показателей автотракторной техники в условиях низких температур путем применения новых источников энергии в настоящее время активно исследуются [1, 5].

При организации тепловой подготовки автотранспортных средств в холодных климатических условиях [1, 3, 4] в качестве источника тепловой энергии часто используются генераторы горячих газов. Их широкое применение обусловлено высокой тепловой мощностью и безопасностью. При этом выделяющееся в зоне горения тепло расходуется на нагревание топливовоздушной смеси, часть тепловой энергии затрачивается на нагрев направляющей насадки и кожуха. Генератор горячих газов потребляет от 70 до 150 Вт мощности аккумуляторной батареи автомобиля.

Для снижения потребляемой электроэнергии генератора горячих газов (ГГГ) возможно использование термоэлектрического генератора (ТЭГ) для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. При этом необходимо определить место установки модулей на направляющую насадку генератора горячих газов, контактирующих с теплообменниками воздушной системы охлаждения [2].

**Цель исследования** – снижение потребляемой электроэнергии генератора горячих газов при организации тепловой подготовки автотранспортных средств в холодных климатических условиях [6].

**Материалы, методы и объекты исследования.** С целью выявления наиболее рациональной конструкции насадки на кафедре «Автомобили и машинно-тракторные комплексы» Башкирского ГАУ была разработана и собрана установка генератора горячих газов с рекуперацией электрической энергии (рис.1). Основной задачей было определение конструктивных параметров насадки, позволяющих реализовать максимальный коэффициент

полезной мощности и обеспечить максимальной электрической мощностью потребителей. С этой целью были проведены серии экспериментальных исследований в системе короб квадратного сечения – направляющая насадка генератора горячих газов (рис. 2):

- по контактным линиям;
- по контактным линиям и фольгированным наполнителям;
- по кварцевому наполнителю.



Рис. 1. Экспериментальная модель ТТГ

В качестве регистратора данных при экспериментальных исследованиях был использован измерительный комплекс [7] на базе аналого-цифрового преобразователя Zetlab 210, а датчиками температуры – термопары типа ТХК (схема расстановки термопар на исследуемом объекте в ходе опыта показана на рис. 2).

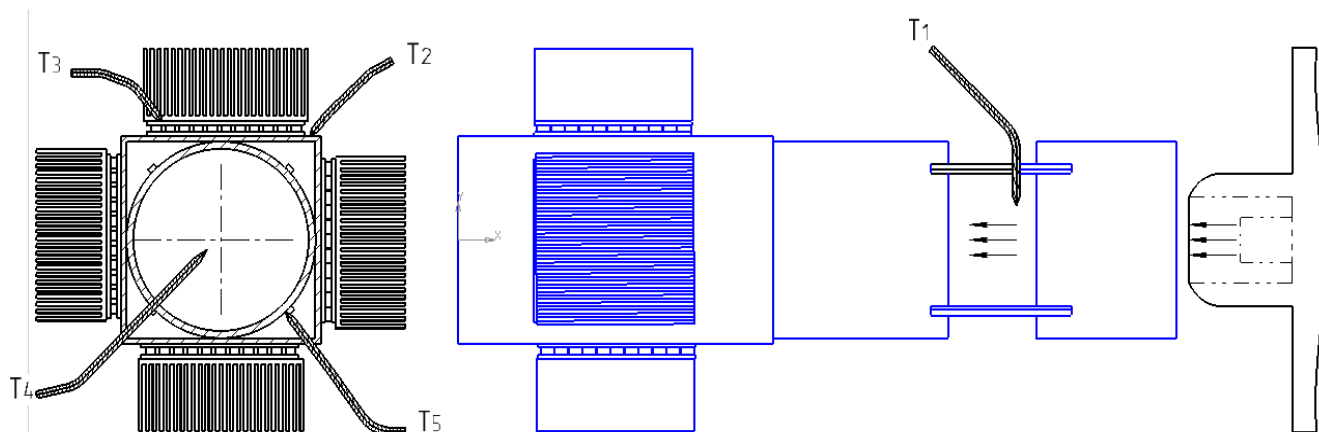


Рис. 2. Размещение термопар на поверхности исследуемого объекта: Т<sub>1</sub> - на выходе с генератора горячих газов; Т<sub>2</sub> - на поверхности короба квадратного сечения; Т<sub>3</sub> - на поверхности радиатора; Т<sub>4</sub> - на выходе с направляющей насадки; Т<sub>5</sub> - на поверхности направляющей насадки

Результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований, представлены в табл. 1.

Максимальное генерируемое напряжение с термоэлектрического генератора по контактным линиям на 12 минуте составляет 5,36 В, при разнице температур на холодной и горячей стороне показало 50,2<sup>0</sup>С. По контактным линиям и фольгированным наполнителям максимальное напряжение на 11 минуте составляет 6,74 В, при разнице температур на холодной и горячей стороне показало 40,4<sup>0</sup>С. А при использованиях в качестве промежуточного кварцевого наполнителя мелкозернистого песка напряжение на 14 минуте составляет 8,35 В, при разнице температур на холодной и горячей стороне показало 80,8<sup>0</sup>С. По результатам серии экспериментов построен график (рис. 3).

Таблица 1. Данные по результатам опыта на временном промежутке от 10 до 14 минуты

Время, мин	U, В	T <sub>1</sub> , °С	T <sub>2</sub> , °С	T <sub>3</sub> , °С	T <sub>4</sub> , °С	T <sub>5</sub> , °С	T <sub>окр</sub> , °С	$\theta_{\text{ветра}}$ , $\frac{M}{C}$	T <sub>2</sub> – T <sub>3</sub> , °С	U <sub>i</sub> – U <sub>i-1</sub>
<i>по контактнм линиям</i>										
10	4,23	712,0	76,10	35,3	507,0	456,7	-21,0	1,15	40,8	0,52
11	4,61		83,20	34,0		458,2			49,2	0,38
12	5,36		84,50	34,3		458,1			50,2	0,75
13	5,29		86,90	34,8		459,0			52,1	-0,07
14	5,32		87,10	34,1		458,6			53,0	0,03
<i>по контактнм линиям и фольгированнм наполнителям</i>										
10	6,51	712,0	103,60	69,6	507,0	451,4	-21,0	1,15	34,0	0,04
11	6,74		109,50	69,1		458,2			40,4	0,23
12	6,69		108,90	69,3		458,1			39,6	-0,05
13	6,71		108,70	69,0		458,3			39,7	0,02
14	6,72		109,40	69,9		457,1			39,5	0,01
<i>кварцевый наполнитель</i>										
10	6,83	712,0	110,10	64,2	509,0	451,4	-19,0	2,40	45,9	0,50
11	7,17		122,70	67,8		458,2			54,90	0,34
12	8,19		139,20	68,3		458,1			70,90	1,02
13	8,34		147,30	68,4		458,3			78,90	0,15
14	8,35		148,80	68,0		457,1			80,80	0,01

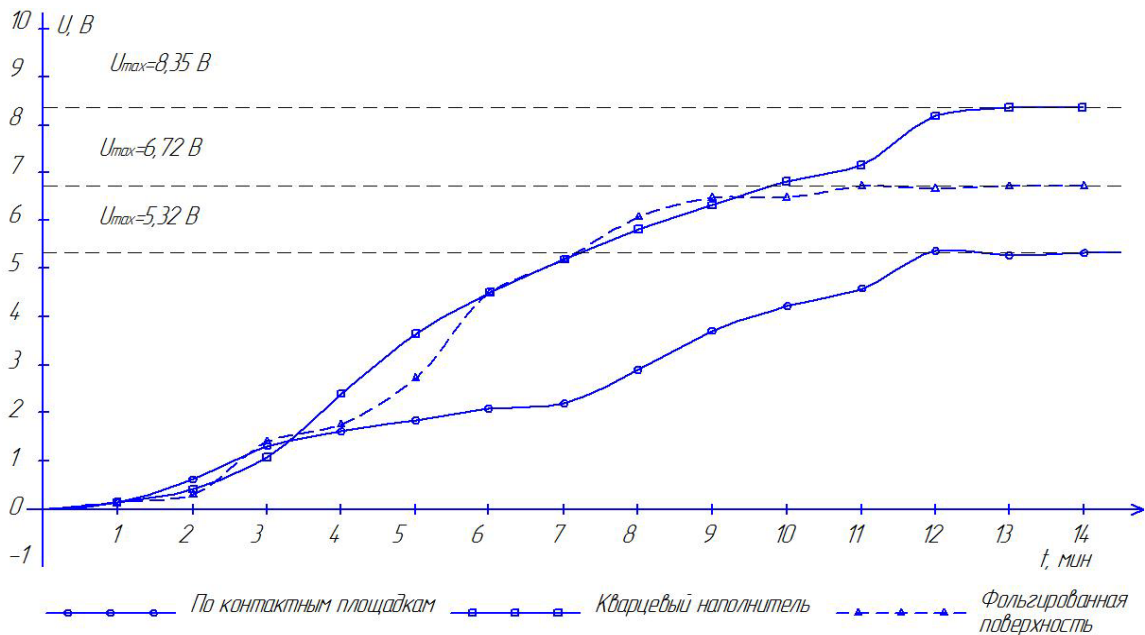


Рис. 3. График роста и стабилизации напряжения с каскада ТГМ

Далее по полученным данным был проведен корреляционно-регрессионный анализ результатов эксперимента, и с помощью программного обеспечения «Граф» строились несколько моделей регрессии, результаты сравнивались между собой по корреляции. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2. Аппроксимация функции напряжения от времени опыта

Функция	Коэффициент корреляции
Линейная регрессия: $y=0.679x-0.865$	0.985
Квадратичная регрессия: $y=-0.02x^2+0.993x-1.753$	0.991
Кубическая регрессия: $y=-0.004x^3+0.081x^2+0.331x-0.732$	0.995
Степенная регрессия: $y=0.06x^{1.998}$	0.995
Показательная регрессия: $y=0.21 \cdot 1.361^x$	0.779
Логарифмическая регрессия: $y=0.21+1.361 \ln x$	0.943
Гиперболическая регрессия: $y=6.648+\frac{-9.393}{x}$	0.749

Исходя из коэффициента корреляции, изменение напряжения от времени происходит согласно степенной регрессии. Для наглядности по вышеприведенным функциям был построен график регрессионных моделей.

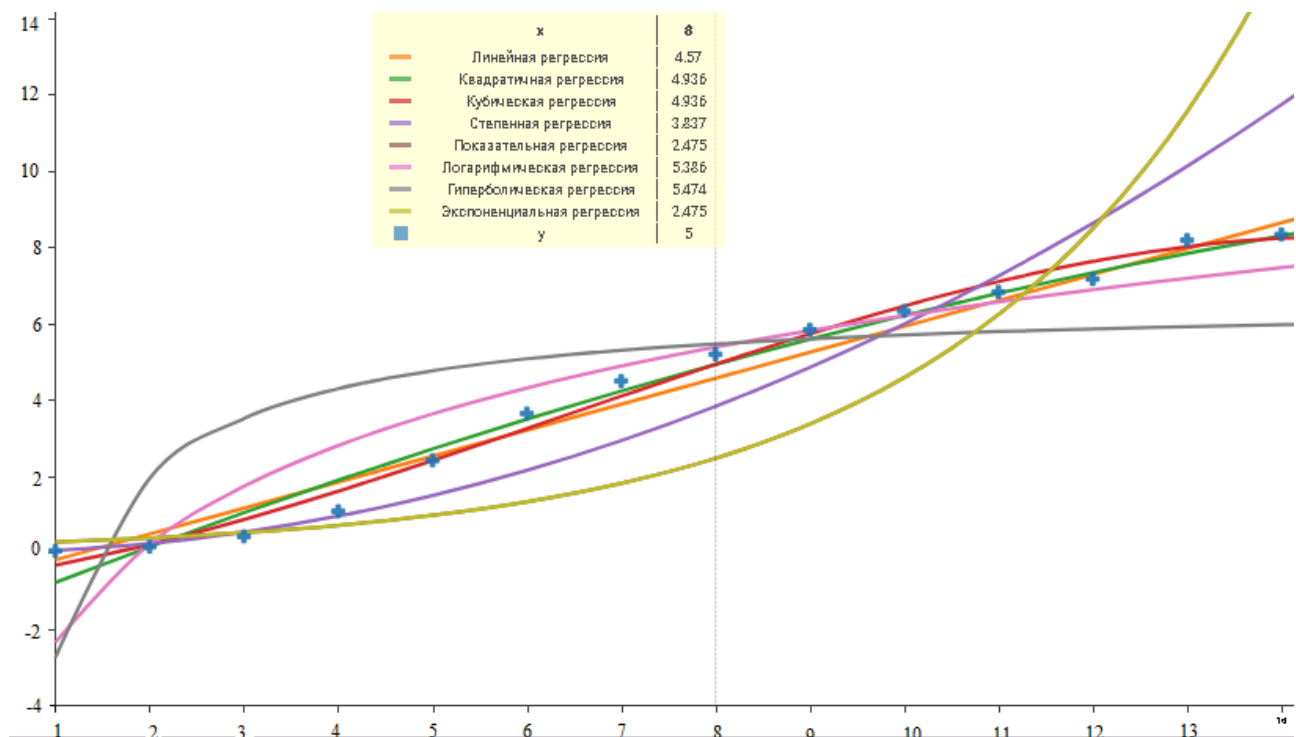


Рис. 4. Модели регрессии

**Результаты исследований.** В ходе выполнения данной работы были получены следующие результаты:

— наиболее лучшими свойствами обладает модель с кварцевым наполнителем, так как по результатам расчета температура нагрева поверхности ТГМ равномерная, что в дальнейшем повышает выходную мощность генерируемой электроэнергии с модулей. При этом повышается КПД термоэлектрической генерирующей системы, аккумулируется

тепловая энергия, после выключения ГГГ в течение некоторого времени ТГМ будет генерировать термоЭДС, заряжая аккумуляторную батарею [3].

— проведены экспериментальные исследования генерируемой электрической энергии с ТЭГ в зависимости от разности температур в ходе работы ГГГ.

**Вывод.** Регрессионный анализ полученных экспериментальных данных показал, что наиболее рациональной конструкцией термоэлектрической насадки является короб квадратного сечения с кварцевым наполнителем, который позволяет снизить максимальную температуру горячих газов до безопасного уровня, а также аккумулировать тепловую энергию.

### Литература

1. **Картошкин А.П., Агапов Д.С.** Моделирование процессов предпусковой тепловой подготовки дизелей с использованием аккумулированной энергии // Известия Международной академии аграрного образования. – 2013. – Вып. №19. – С. 45-48.
2. **Gabitov I.I., Negovora A.V., Khasanov E.R., Galiullin R.R., Farhshatov M.N., Khamaletdinov R.R., Martynov V.M., Gusev D., Yunusbaev N.M., Razyapov M.M.** Risk reduction of thermal damages of units in machinery heat preparation for load acceptance. / Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. T. 14. № 3. С. 709-716.
3. **Bejan A., Kraus A. D.** Heat Transfer Handbook / Hoboken; N. J.: Jonh Wiley & Sons, Inc., 2003. – 1427 p.
4. **Габитов И.И., Неговора А.В., Рязяпов М.М., Гусев Д.А.** Оптимизация процесса тепловой подготовки сельскохозяйственной техники в условиях низких температур // Технический сервис машин. – 2019. – № 1 (134). – С. 122-130.
5. **Неговора А.В., Рязяпов М.М., Закиев М.Г., Шерстнев Н.А.** Изучение влияния низких температур на коробку передач автомобиля КАМАЗ ZF 16S 1820TO // Автомобиль для Сибири и Крайнего Севера: конструкция, эксплуатация, экономика: сб. мат. 90-й Междунар. науч.-техн. конференции Ассоциации автомобильных инженеров / ИРНИТУ. – 2015. – С. 273-278.
6. **Неговора А.В., Рязяпов М.М., Курдин П.Г., Филиппов Ю.К., Токарев В.А.** Современные проблемы эксплуатации автомобилей в условиях низких температур независимо от климатической зоны // Журнал автомобильных инженеров. – 2017. – № 4 (105). – С. 36-41.
7. **Рязяпов М.М., Неговора А.В., Филиппов Ю.К.** Предпусковая подготовка двигателя и агрегатов трансмиссии автомобиля к принятию нагрузки // Известия Международной академии аграрного образования. – 2012. – Вып. №14. – Т. 1. – С.266-270.
8. **Нигматуллин Ш.Ф., Карачурин Б.Ш.** Применение прецизионных элементов для регулирования процессов управления машин: материалы междунар. науч.-практ. конференции «Совершенствование конструкции, эксплуатации и технического сервиса автотракторной и сельскохозяйственной техники». – Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. – С.307-311.

### Literatura

1. **Kartoshkin A.P., Agapov D.S.** Modelirovanie processov predpuskovoij teplovoj podgotovki dizelej s ispol'zovaniem akumulirovannoj energii // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2013. – Вып. №19. – С. 45-48.
2. **Gabitov I.I., Negovora A.V., Khasanov E.R., Galiullin R.R., Farhshatov M.N., Khamaletdinov R.R., Martynov V.M., Gusev D., Yunusbaev N.M., Razyapov M.M.** Risk reduction of thermal damages of units in machinery heat preparation for load acceptance. / Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. T. 14. № 3. S. 709-716.
3. **Bejan A., Kraus A. D.** Heat Transfer Handbook / Hoboken; N. J.: Jonh Wiley & Sons, Inc., 2003. – 1427 p.



4. **Gabitov I.I., Negovora A.V., Ryazapov M.M., Gusev D.A.** Optimizaciya processa teplovoj podgotovki sel'skohozyajstvennoj tekhniki v usloviyah nizkih temperatur // Tekhnicheskij servis mashin. – 2019. – № 1 (134). – S. 122-130.
5. **Negovora A.V., Razyapov M.M., Zakiev M.G., SHERstnev N.A.** Izuchenie vliyaniya nizkih temperatur na korobku peredach avtomobilya KAMAZ ZF 16S 1820TO // Avtomobil' dlya Sibiri i Krajnego Severa: konstrukciya, ekspluatatsiya, ekonomika: sb. mat. 90-j Mezhdunar. nauch.-tekhn. konferencii Associacii avtomobil'nyh inzhenerov / IRNITU. – 2015. – S. 273-278.
6. **Negovora A.V., Razyapov M.M., Kurdin P.G., Filippov YU.K., Tokarev V.A.** Sovremennye problemy ekspluatatsii avtomobilej v usloviyah nizkih temperatur nezavisimo ot klimaticheskoy zony // ZHurnal avtomobil'nyh inzhenerov. – 2017. – № 4 (105). – S. 36-41.
7. **Razyapov M.M., Negovora A.V., Filippov YU.K.** Predpuskovaya podgotovka dvigatelya i agregatov transmissii avtomobilya k prinyatiyu nagruzki // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2012. – Вып. №14. – Т. 1. – S.266-270.
8. **Nigmatullin SH.F., Karachurin B.SH.** Primenenie precizionnyh elementov dlya regulirovaniya processov upravleniya mashin: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii «Sovershenstvovanie konstrukcii, ekspluatatsii i tekhnicheskogo servisa avtotraktornoj i sel'skohozyajstvennoj tekhniki». – Ufa: Bashkirskij GAU, 2013. – S.307-311.

УДК 621.444.2

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14128

Канд. техн. наук **Д.С. АГАПОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, different76@list.ru)

## РАСЧЁТНАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СООТНОШЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ГАЗОВ И ПОДАЧИ ВОДЫ В ЧЕТВЁРТОМ ТАКТЕ ДВИГАТЕЛЯ КРОУЭРА

Одним из путей решения проблемы экономии энергоносителей и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов является разработка и внедрение тепловых двигателей, реализующих альтернативные термодинамические циклы. Одной из таких конструкций является шеститактный двигатель Кроуэра, использующий в качестве рабочего тела парогазовую смесь [1, 2, 3].

**Цель исследования.** Целью данной работы является методика определения соотношения остаточных газов и подачи воды, впрыскиваемой в цилиндр двигателя, на четвёртом такте.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Отработавшие газы ДВС должны иметь в своём составе воду в перегретом состоянии, во избежание её конденсации на деталях конструкции и, как следствие, возникновения коррозии. При выполнении теплового расчёта дизельных ДВС давление отработавших газов на выпуске  $P_r$  определяется из соотношения  $(1,05-1,25)P_0$ , если двигатель атмосферный, или  $(0,75-0,98)P_k$  – в случае двигателя с наддувом. В этом случае температура отработавших газов  $T_r$  не превышает  $120^\circ\text{C}$ , даже если отработавшие газы будут целиком состоять только из водяного пара. В силу идентичности третьего и пятого тактов расширения давления в начале и в конце этих тактов должны быть равны. Давление  $P_b$  в конце расширения для дизелей составляет  $0,2-0,5$  МПа. При тепловом расчёте цикла дизеля используют следующее соотношение [4, 5, 6]:

$$T_r = T_b / \sqrt[3]{P_b / P_r}, \quad (1)$$

где  $T_b$  – температура отработавших газов в конце расширения, К. Для дизелей составляет  $1000-1400$  К.

По своей структуре уравнение 1 фактически представляет собой соотношение параметров в политропном процессе с показателем политропы, равным  $1,5$  [7, 8].

Воспользовавшись данным уравнением, можно определить  $T_b$  для случая, когда в качестве рабочего тела выступает чистый водяной пар:

$$T_b = T_r \cdot \left( \frac{P_b}{P_r} \right)^{\frac{1,5-1}{1,5}}.$$

Учитывая идентичность третьего и пятого тактов расширения рабочего тела в цилиндре двигателя и принимая равные степени последующего расширения  $\delta$ , по соотношению параметров для политропного процесса [9, 5], найдём температуру  $T_z$  и давление  $P_z$  в начале процесса расширения. При этом следует учесть, что показатель политропы для водяного пара составляет примерно 1,31. Тогда:

$$T_{zH_2O} = T_b \cdot (\delta)^{1,31-1}; \quad (2)$$

$$P_{zH_2O} = P_b \cdot (\delta)^{1,31}. \quad (3)$$

Если для отработавших газов дизеля температура  $T_z$  составляет 1800–2300 К, то для водяного пара она будет значительно ниже (около 1000 К).

По закону Дальтона (4) можно заключить, что парциальное давление отработавших газов в точке  $z$  должно быть  $P_{zOG} = P_z - P_{zH_2O}$ .

$$P_z = P_{zOG} + P_{zH_2O}. \quad (4)$$

То есть молярная доля впрыскиваемой воды составит:

$$x_{H_2O} = \frac{P_{zH_2O}}{P_{zOG} + P_{zH_2O}}. \quad (5)$$

А массовая доля впрыскиваемой воды в парогазовой смеси будет равна:

$$\omega_{H_2O} = \frac{x_{H_2O} \cdot M_{H_2O}}{M}, \quad (6)$$

где  $M_{H_2O}$  и  $M$  – соответственно, молярные массы воды ( $M_{H_2O} \approx 0,018$  кг/моль) и газопаровой смеси, кг/моль.

$$M = x_{H_2O} \cdot M_{H_2O} + x_{OG} \cdot M_{OG}; \quad (7)$$

или

$$M = \frac{1}{\frac{\omega_{H_2O}}{M_{H_2O}} + \frac{\omega_{OG}}{M_{OG}}}. \quad (8)$$

Теперь, зная температуру  $T_z$  и давление  $P_z$  водяного пара, по  $h$ - $s$  диаграмме или справочным таблицам определяем удельную энтальпию водяного пара  $h_2$ . Из тех же таблиц (или  $h$ - $s$  диаграммы) определим удельную энтальпию воды, подаваемой в цилиндр двигателя  $h_1$ . Разность этих двух энтальпий  $h_2-h_1$  определит количество теплоты, отбираемое у отработавших газов для подогрева воды, её испарения и дальнейшего перегрева. Следовательно, из уравнения теплового баланса (9) можно определить изменение температуры оставшихся для теплообмена отработавших газов в цилиндре двигателя.

$$h_2 - h_1 = \frac{\omega_{OG}}{\omega_{H_2O}} \cdot \bar{c}_{pOG} \cdot \Delta T_{OG}; \quad (9)$$

$$\text{Здесь} \quad \frac{m_{OG}}{m_{H_2O}} = \frac{m_{OG}}{m_{cm}} \cdot \frac{m_{cm}}{m_{H_2O}} = \frac{\omega_{OG}}{\omega_{H_2O}}.$$

Таким образом, в уравнении (9) отношение  $\frac{\omega_{OG}}{\omega_{H_2O}}$  показывает массу отработавших газов, приходящуюся на 1 кг воды.

Тогда температура отработавших газов, оставшихся в цилиндре двигателя для теплообмена перед впрыскиванием воды, должна быть:

$$T_{z'OG} = T_{OG} + \Delta T_{OG}. \quad (10)$$

Теперь из уравнения Менделеева - Клапейрона для двух состояний газа (а именно после вторичного сжатия и перед расширением) определим отношение масс после сжатия и перед расширением отработавших газов  $\chi$ :

$$\chi = \frac{m_{OG'}}{m_{OG}} = \frac{P_{z'OG} \cdot V_c / R_{0OG} \cdot T_{z'OG}}{P_{z'OG} \cdot V_c / R_{0OG} \cdot T_z} = \frac{P_{z'OG} \cdot T_z}{T_{z'OG} \cdot P_{z'OG}}. \quad (11)$$

Отношение расхода воды к расходу топлива найдётся из выражения (12):

$$\frac{G_{H_2O}}{G_T} = \frac{(G_T + G_B) \cdot \chi \cdot \frac{\omega_{H_2O}}{\omega_{OG}}}{G_T} = (1 + \alpha \cdot l_0) \cdot \chi \cdot \frac{\omega_{H_2O}}{\omega_{OG}}, \quad (12)$$

где  $G_{H_2O}$ ,  $G_T$  и  $G_B$  – соответственно, часовые расходы воды, топлива и воздуха, кг/ч;  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха, а  $l_0$  – теоретически необходимая масса воздуха для сгорания 1 кг топлива, кг.

$(G_T + G_B) \cdot \chi$  – а отношение  $\frac{\omega_{H_2O}}{\omega_{OG}}$  – соответственно, молярные массы воды ( $M_{H_2O} \approx 0,018$  кг/моль) и газопаровой смеси, кг/моль.

Для достоверности использованного выше в расчётах показателя политропы его значение было определено экспериментально. В качестве объекта исследования выступал тракторный дизель СМД-14 с установленным на нём оборудованием для индицирования. Данный двигатель устанавливался на тракторы ДТ-75М, болотоходные и лесохозяйственные тракторы, а также зерноуборочные комбайны. Дизель СМД-14 является рядным, четырёхтактным, четырёхцилиндровым двигателем с непосредственным впрыском топлива жидкостного охлаждения. Имеет диаметр цилиндра 120 мм, ход поршня 140 мм и рабочий объём цилиндров 6,3 литра. При частоте вращения коленчатого вала 1800 мин<sup>-1</sup> развивает мощность 61,1 кВт. Удельный эффективный расход топлива на режиме номинальной мощности не превышает 210 г/кВт·ч.

Индикаторная диаграмма дизеля СМД-14 (рис.1) снималась для условий полных нагрузок на номинальной частоте вращения коленчатого вала.

На основании имеющихся данных об углах поворота коленчатого вала  $\phi$  определяем соответствующие этим углам значения полного объёма цилиндра  $V_i$  по формуле (13):

$$V_i = V_c + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot R \cdot \left[ (1 - \cos \phi) + \frac{R}{4L} \cdot (1 - \cos 2\phi) \right], \quad (13)$$

где  $V_c$  – объём камеры сгорания (сжатия) дизеля,  $D$  – диаметр цилиндра двигателя,  $R$  – радиус кривошипа коленчатого вала,  $L$  – длина шатуна кривошипно-шатунного механизма.

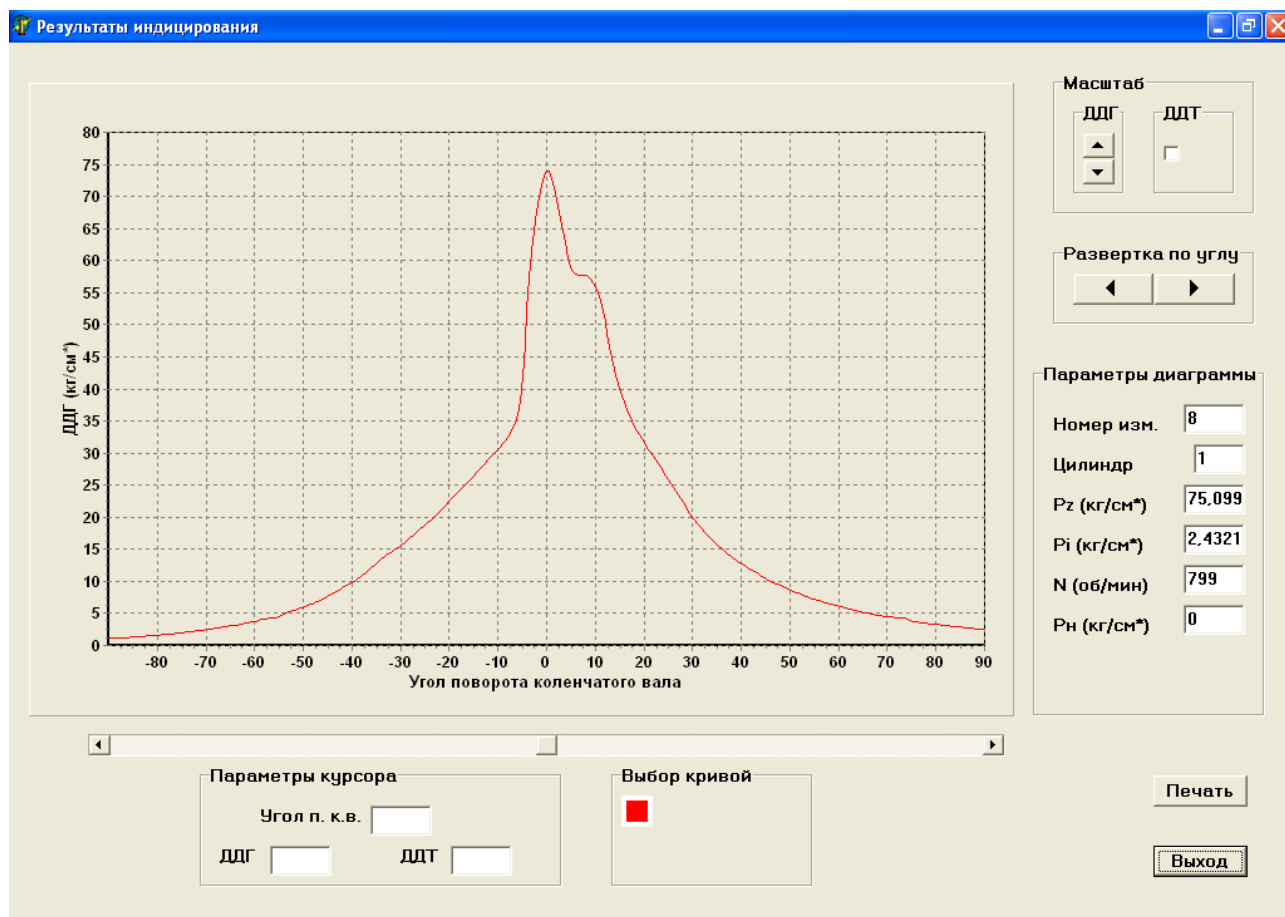


Рис. 1. Индикаторная диаграмма дизеля СМД-14 на номинальном режиме работы

Затем из соответствующих значений давления вычисляем показатель политропы для всех участков индикаторной диаграммы по формуле (14):

$$n = \frac{\ln \frac{P_{i+1}}{P_i}}{\ln \frac{V_i}{V_{i+1}}}, \quad (14)$$

где  $P_i$  и  $V_i$  – соответственно, значения давления и объёма в начале рассматриваемого участка индикаторной диаграммы;  $P_{i+1}$  и  $V_{i+1}$  – соответственно, значения давления и объёма в конце рассматриваемого участка индикаторной диаграммы.

Аналогичным образом, рассматривая в качестве участка индикаторной диаграммы весь процесс выпуска, определим показатель политропы газа в этом процессе.

Некоторую техническую трудность представляет размещение второй форсунки в головке этого двигателя для подачи воды из-за недостаточного количества свободного места. Потому наиболее рациональным решением является применение комбинированной форсунки (рис. 2) с двойным сопловым наконечником (рис. 3) [10].

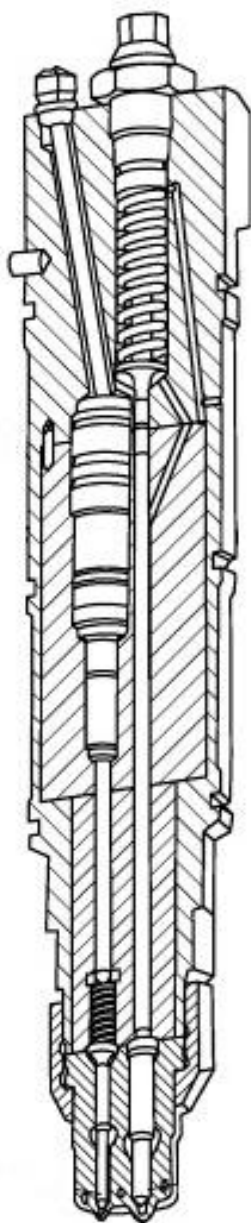


Рис. 2. Комбинированная форсунка с двойным сопловым наконечником фирмы Wärtsilä



Рис. 3. Двойной сопловой наконечник для совместного впрыска воды и топлива в камеру сгорания двигателя 46-й серии фирмы Wärtsilä

**Результаты исследований.** По результатам проведённого теплового расчёта для атмосферного дизеля типа СМД-14 при различных соотношениях массовых долей выпускаемых отработавших газов двигателя определён массовый расход воды относительно расхода топлива (табл.).

Таблица. Массовый расход воды относительно топлива для дизеля СМД-14 при различных значениях массовых долей выпускаемых отработавших газов в четвёртом такте

Массовая доля выпуска отработавших газов, %	9	17	23	29	33
Массовая доля оставшихся в цилиндре отработавших газов, %	91	83	77	71	67
Массовое соотношение остаточных газов и воды, %	2	6	12	21	34
Молярное соотношение остаточных газов и воды, %	3	10	20	34	55
Отношение расхода воды к расходу топлива по массе, %	42	116	214	342	516

Создана компьютерная программа, позволяющая производить указанные расчёты в автоматическом режиме.

**ВЫВОДЫ.** Представленная выше методика позволяет определить массовое и молярное соотношения остаточных газов и воды, впрыскиваемой в цилиндр двигателя, на четвёртом такте шеститактного двигателя Кроуэра, вычислить массовую долю выпускаемых отработавших газов и долю остаточных газов в четвёртом такте цикла двигателя, а также найти расход воды относительно расхода топлива. Создана компьютерная программа, позволяющая производить указанные расчёты в автоматическом режиме.

### Литература

1. Патент 2007/0022977 А1 США, МКИ F01B29/04. Method and apparatus for operating an internal combustion engine / Crower H.V., 2007.
2. Патент 4809511 США, МКИ F02B75/02. Internal combustion engine / Bajulaz R., 1989.
3. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.bajulazsa.com> (дата обращения: 02.10.2019).
4. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей: учебник для вузов по специальности «Механизация сельского хозяйства». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1992. – 413 с.
5. Кузовлев В.А. Техническая термодинамика и основы теплопередачи: учебник для машиностр. спец. техникумов – 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. Л.Р. Стоцкого. – М.: Высш. шк., 1983. – 335 с.
6. Колчин Д.И., Демидов В.П. Расчёт автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Высшая школа, 2002. – 496 с., ил.
7. Арнольд Л.В., Михайловский Г.А., Селиверстов В.М. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1979. – 446 с.
8. Лашутина Н.Г., Макашова О.В., Медведев Р.М. Техническая термодинамика с основами теплопередачи и гидравлики [Текст]: Учеб. пособие / Под общ. ред. Р.М. Медведева. – Л.: Машиностроение, 1988. – 336 с.: ил.
9. Ицкович А.М. Основы теплотехники. – М.: Высшая школа, 1975. – 344 с.
10. [Электронный ресурс]: <http://mirmarine.net> (дата обращения: 15.10.2019).

**Literatura**

1. **Patent 2007/0022977** A1 SSHA, MKI F01B29/04. Method and apparatus for operating an internal combustion engine / Crower H.B., 2007.
2. **Patent 4809511** SSHA, MKI F02B75/02. Internal combustion engine / Bajulaz R., 1989.
3. [**Elektronnyj resurs**]: URL: <http://www.bajulazsa.com> (data obrashcheniya: 02.10.2019).
4. **Nikolaenko A.V.** Teoriya, konstrukciya i raschet avtotraktornyh dvigatelej: uchebnik dlya vuzov po special'nosti «Mekhanizaciya sel'skogo hozyajstva». – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Kolos, 1992. – 413 s.
5. **Kuzovlev V.A.** Tekhnicheskaya termodinamika i osnovy teploperedachi: uchebnik dlya mashinost. spec. tekhnikumov – 2-e izd., pererab. i dop./ Pod red. L.R. Stockogo. – M.: Vyssh. shk., 1983. – 335 s.
6. **Kolchin D.I., Demidov V.P.** Raschyot avtomobil'nyh i traktornyh dvigatelej. – M.: Vysshaya shkola, 2002. – 496 s., il.
7. **Arnol'd L.V., Mihajlovskij G.A., Seliverstov V.M.** Tekhnicheskaya termodinamika i teploperedacha. – M.: Vysshaya shkola, 1979. – 446 s.
8. **Lashutina N.G., Makashova O.V., Medvedev R.M.** Tekhnicheskaya termodinamika s osnovami teploperedachi i gidravliki [Tekst]: Ucheb. posobie / Pod obshch. red. R.M. Medvedeva. – L: Mashinostroenie, 1988. – 336 s.: il.
9. **Ickovich A.M.** Osnovy teplotekhniki. – M.: Vysshaya shkola, 1975. – 344 c.
10. [**Elektronnyj resurs**]: <http://mirmarine.net> (data obrashcheniya: 15.10.2019).

УДК 621.43. 631.37

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14134

Канд. техн. наук **А.А. ГЛУЩЕНКО**  
(ФГБОУ ВО УлГАУ, [oilidel@yandex.ru](mailto:oilidel@yandex.ru))Канд. техн. наук **Р.А. ЗЕЙНЕТДИНОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, [zra61@mail.ru](mailto:zra61@mail.ru))

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

При решении экологических проблем значительную роль играют процессы переработки образующихся отходов в виде отработанных смазочных масел. Рациональное использование вторичных продуктов основного производства и получение целевых продуктов обеспечивает решение не только экономических проблем, но и снижение экологической напряженности промышленного и сельскохозяйственного производства. Задача максимального вовлечения отработанных нефтепродуктов в переработку является актуальной в условиях усиливающегося спроса на нефтепродукты и возрастающих требований к их качеству, повышению безопасности и защиты окружающей среды [1].

Качество восстановления эксплуатационных свойств отработанных смазочных материалов в процессе регенерации во многом определяется используемой технологией, являющейся наиболее дорогостоящим и длительным этапом. В свою очередь эффективность технологии определяется набором технологических операций, реализуемых с использованием различного технологического оборудования и их режимных параметров. Поэтому одной из ключевых задач повышения эффективности и безопасности используемых технологий является выбор технологических операций и оборудования.

Поскольку любая технология может быть реализована массой альтернативных вариантов технологических операций, одним из методов выбора является метод иерархичности. В этом случае, разбивая альтернативы вместе с обуславливающими их ограничениями по уровням, повышается надежность, упрощается решение и, следовательно, повышается его точность.

Принятие решения на каждом уровне иерархической лестницы связано с разнородными группами факторов. На самом верхнем уровне решается вопрос о целях применяемой технологии, далее решаются задачи технического оснащения – достижение экономического, социального или качественного эффекта, анализируется технологический процесс с учетом его масштаба и предполагаемых затрат. Затем определяются частные показатели, связанные с выбранной технологией: оборудование, приспособления, системы управления и так далее, вплоть до технологических режимов. При этом окончательное решение зависит от принадлежащей только ему группы параметров и ограничений и, кроме того, от уже принятого решения на высших уровнях иерархии [2- 4].

Таким образом, иерархический подход предполагает проведение оснащения технологического процесса в следующей последовательности: постановка цели, решение задач, выбор методов, операций, функций и определение технологических режимов, что упрощает поиск, систематизирует по уровням условия и ограничения.

**Цель исследования** – повышение энергоэффективности процесса восстановления эксплуатационных свойств отработанных масел путем технического оснащения. Основные задачи, которые необходимо решить, связаны с выбором технологических операций и оборудования, наиболее полно удовлетворяющих предъявляемым требованиям: качество восстановленного продукта соответствует товарному маслу; минимальные финансовые, материальные, трудовые и сырьевые затраты; экологическая безопасность для персонала и окружающей среды.

Таким образом, иерархичность повышает определенность и позволяет упорядочить критерии выбора стратегии и тактики технического оснащения и разнести ограничения по уровням.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В случае выбора технических средств рассматривается определенный набор альтернативных независимых технических систем, из которых выбирается, в конечном счете, лишь одна. Исходя из этого можно сказать, что выбор носит метасистемный характер. Его отличием от всех существующих является способ интегрирования технических систем, определяющих технологию, основными требованиями которого являются:

- технические системы, из альтернативного множества которых осуществляется выбор, должны быть независимы друг от друга;
- для анализа эффективности технического оснащения выбирается лишь одна техническая система либо некоторая группа согласованных технологическим процессом систем;
- набор альтернативных вариантов технических систем изменяется как количественно, так и по составу.

Применительно к технологиям восстановления отработанных масел выбор технических средств осуществляется с учетом следующих факторов:

- соответствие возможностей и эксплуатационных характеристик предъявляемым требованиям к качеству процесса и продукта;
- совместимость с другими техническими средствами в технологической линии;
- соответствующий уровень квалификации обслуживающего персонала для эффективной эксплуатации;
- универсальность, безотказность, простота конструкции и регулировок, непрерывность работы и стабильность производительности;
- безопасность эксплуатации для персонала и окружающей среды;
- минимальные затраты на приобретение, установку, эксплуатацию и поддержание в работоспособном состоянии.

Эти факторы доказывают метасистемность процесса выбора технических операций и используемых технических средств. На примере наиболее широко используемых технологий регенерации отработанных смазочных масел, включающих следующие операции: I уровень -



удаление воды; II уровень - удаление нерастворимых примесей; III уровень - удаление продуктов разложения и окисления масла (осветление); IV уровень - восстановление эксплуатационных свойств компаундированием очищенного масла можно предложить следующую иерархическую модель выбора технических операций и средств (рис. 1) [5-8]. Модель включает множество альтернативных технологических операций и позволяет оценить показатели, характеризующие каждый вариант технического оснащения технологического процесса.

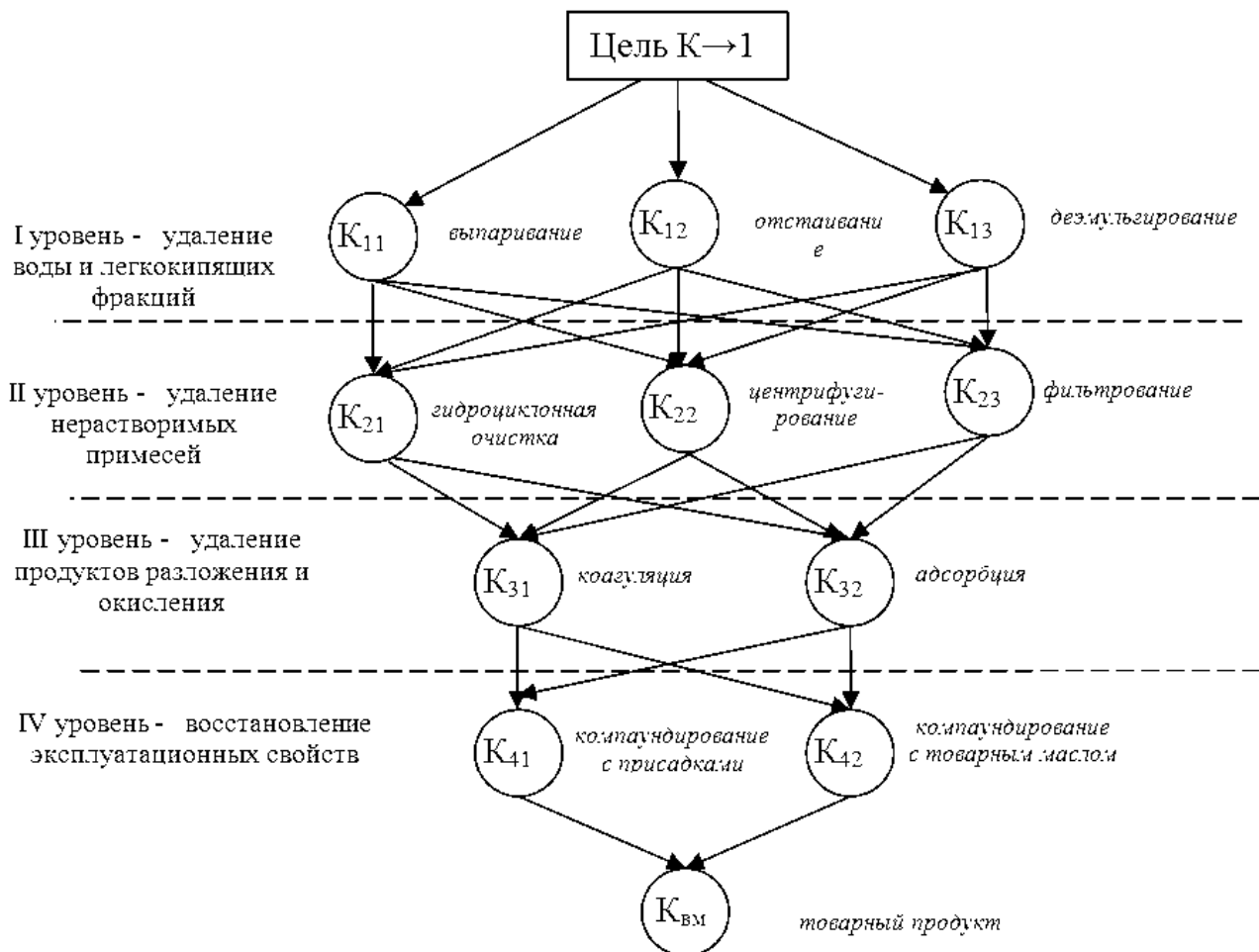


Рис. 1. Иерархическая модели альтернативных вариантов технологического процесса регенерации отработанных смазочных масел:  $K_{1i}$  – комплексный показатель технологической операции обезвоживания масел;  $K_{2i}$  - комплексный показатель технологической операции очистки масел от нерастворимых примесей;  $K_{3i}$  - комплексный показатель технологической операции очистки масел от продуктов окисления и разложения;  $K_{4i}$  - комплексный показатель технологической операции компаундирования масел для восстановления эксплуатационных свойств;  $K_{вм}$  - комплексный показатель восстановленного масла

На вход схемы поступает сырье – отработанное масло. В соответствии с различным набором технологических операций осуществляется перебор как самих операций, так и их технического оснащения, составляющих технологический процесс. При этом рассчитываются показатели, наиболее полно удовлетворяющие поставленным целям.

Оценка эффективности выбираемых технических средств должна исходить из цели выбора. Поставив целью эффективность технологического процесса очистки и восстановления отработанных масел и его экологическую безопасность для персонала и окружающей среды, технологические операции и средства должны оцениваться комплексным критерием:

$$K = (K_k + K_э) \rightarrow 1, \quad (1)$$

где  $K_k$  – коэффициент удельной эффективности технологической операции, реализуемой в конкретном техническом средстве;  $K_э$  – коэффициент экологической безопасности конкретной технологической операции и технического средства.

Поскольку в каждом техническом средстве приоритетными являются те или иные выходные параметры (те или иные показатели качества), комплексный показатель должен включать весовой коэффициент принимаемых к расчету коэффициентов:

$$K = K_k \cdot \phi_1 + K_э \cdot \phi_2, \quad (2)$$

где  $\phi_1$  и  $\phi_2$  – соответственно, весовые коэффициенты удельной эффективности и экологической безопасности технологической операции.

Значения весовых коэффициентов могут варьироваться в зависимости от качественных показателей продукта, последовательности его обработки в технологическом процессе. При этом выбор значений весового коэффициента по качеству промежуточного продукта должен обосновываться исходя из последовательности технологического процесса на основании экономической и экологической целесообразности, то есть с целью минимизации каждого последующего процесса с энергетической и экологической точек зрения, и с повышением качества продукта на каждом этапе очистки и восстановления. Для этого можно использовать балльный метод. Его применение подразделяется на следующие этапы [9-11]:

- определение основных критериев выбора, а среди них — конкретных измеримых свойств - параметров (основа квантификации);
- выбор принципов оценивания относительно каждого конкретного критерия и их измеримых свойств;
- введение возможных весовых коэффициентов для отдельных критериев и параметров, поскольку не все они могут быть одинаково важными для технологического процесса;
- расчет количества баллов, выставляемых каждому потенциальному техническому средству;
- выбор технического средства.

Коэффициент удельной эффективности определяется по качеству процесса:

$$K_k = \frac{P_\phi}{P_T}, \quad (3)$$

где  $P_\phi$  – фактическое значение показателя качества процесса (например: для отстойников – степень удаления из масла воды и механических примесей; для технических средств очистки – степень фильтрации, содержание нерастворимых примесей и т.д.);  $P_T$  – требуемое (задаваемое) значение показателя качества процесса.

Коэффициент экологической безопасности отражает степень предотвращения негативного воздействия технологических операций и оборудования на окружающую среду. Это заключается как в полном предотвращении экологического негативного воздействия, так и в уменьшении наносимого технологическими процессами экологического вреда. При этом учитывается воздействие на окружающую среду, человека и получаемые продукты.

$$K_э = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n}}, \quad (4)$$

где  $K_i$  – единичные критерии оценки экологической эффективности;  $n$  – количество критериев.

Соответственно, с помощью комплексного критерия может быть оценена технология с любым набором технологических операций, включающая  $i$ -е количество выбранных технических средств:

$$K = (K_{\kappa 11} \cdot \phi_{11} + K_{\kappa 2} \cdot \phi_{12} + \dots + K_{\kappa i} \cdot \phi_{1i}) + (K_{\varepsilon 1} \cdot \phi_{21} + K_{\varepsilon 2} \cdot \phi_{22} + \dots + K_{\varepsilon i} \cdot \phi_{2i}), \quad (5)$$

где  $K_{\kappa 1}, K_{\kappa 2} \dots K_{\kappa i}$  – коэффициент удельной эффективности процесса, реализуемого в 1-м, 2-м, ...,  $i$ -м техническом средстве;  $K_{\varepsilon}$  – коэффициент экологической безопасности 1-го, 2-го, ... $i$ -го технического средства;  $\phi_{11}, \phi_{12}, \dots, \phi_{1i}$  и  $\phi_{21}, \phi_{22}, \dots, \phi_{2i}$  – соответственно, весовые коэффициенты удельной эффективности и экологической безопасности технических средств 1-го, 2-го, ... $i$ -го технического средства.

В соответствии с правилами метода анализа иерархий, после проведения ранжирования критериев ( $K_{\kappa}$ ,  $K_{\varepsilon}$ ,  $K_i$ ) и оценки альтернативных вариантов технологических операций в соответствии с важностью критерия (комплексного показателя) и определения значения нормализованного вектора приоритетов, проводится сравнение вариантов (табл. 1) [9-11].

Таблица 1. Расчет итоговых значений приоритетов по технологическим операциям

	$K_{11}$	$K_{12}$	$K_{13}$	$K_{21}$	$K_{22}$	$K_{23}$	$K_{31}$	$K_{32}$	$K_{41}$	$K_{42}$
$K_{\kappa}$	0,4	0,1	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,85	0,85
$K_{\varepsilon}$	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,05	0,1

Для определения приоритетов альтернативных технологий составляем таблицу итоговых значений приоритетов по сгруппированным наборам (альтернативным вариантам) технологических операций (табл. 2).

Таблица 2. Расчет итоговых значений приоритетов технологий с соответствующим набором технологических операций

	$K_{11},$ $K_{21},$ $K_{31},$ $K_{41}$	$K_{11},$ $K_{21},$ $K_{31},$ $K_{42}$	$K_{11},$ $K_{21},$ $K_{32},$ $K_{41}$	$K_{11},$ $K_{21},$ $K_{32},$ $K_{42}$	$K_{11},$ $K_{22},$ $K_{31},$ $K_{41}$	$K_{11},$ $K_{22},$ $K_{31},$ $K_{42}$	$K_{11},$ $K_{22},$ $K_{32},$ $K_{41}$	$K_{11},$ $K_{22},$ $K_{32},$ $K_{42}$	...	$K_{13},$ $K_{23},$ $K_{32},$ $K_{42}$
$K_{\kappa}$	0,56	0,56	0,56	0,56	0,54	0,54	0,56	0,54	...	0,64
$K_{\varepsilon}$	0,19	0,2	0,14	0,15	0,19	0,2	0,14	0,12	...	0,1
$K$	0,75	0,76	0,70	0,71	0,73	0,74	0,70	0,66	...	0,74

Проверка достоверности полученного решения по обобщенному отношению согласованности показала, что его значение составляет 8%, что подтверждает достоверность решения.

Для упрощения методики расчета предложен графический метод определения приоритетов технологий с соответствующим набором технологических операций (рис. 2).

Реализация данного метода проводится в программе Statistica, как с построением гистограмм приоритетов отдельных технологических операций ( $K_{11}, K_{12}, \dots, K_{41}, K_{42}$  – левая часть графика рис. 2), так и кумулятивных гистограмм технологий с указанием перечня технологических операций (верхняя часть графика рис. 2). Достоверность выбора, рассчитанная программой, составляет 88–98%. Использование данного метода существенно облегчает обработку массива данных при множестве альтернативных вариантов с высокой степенью достоверности выбранного варианта.

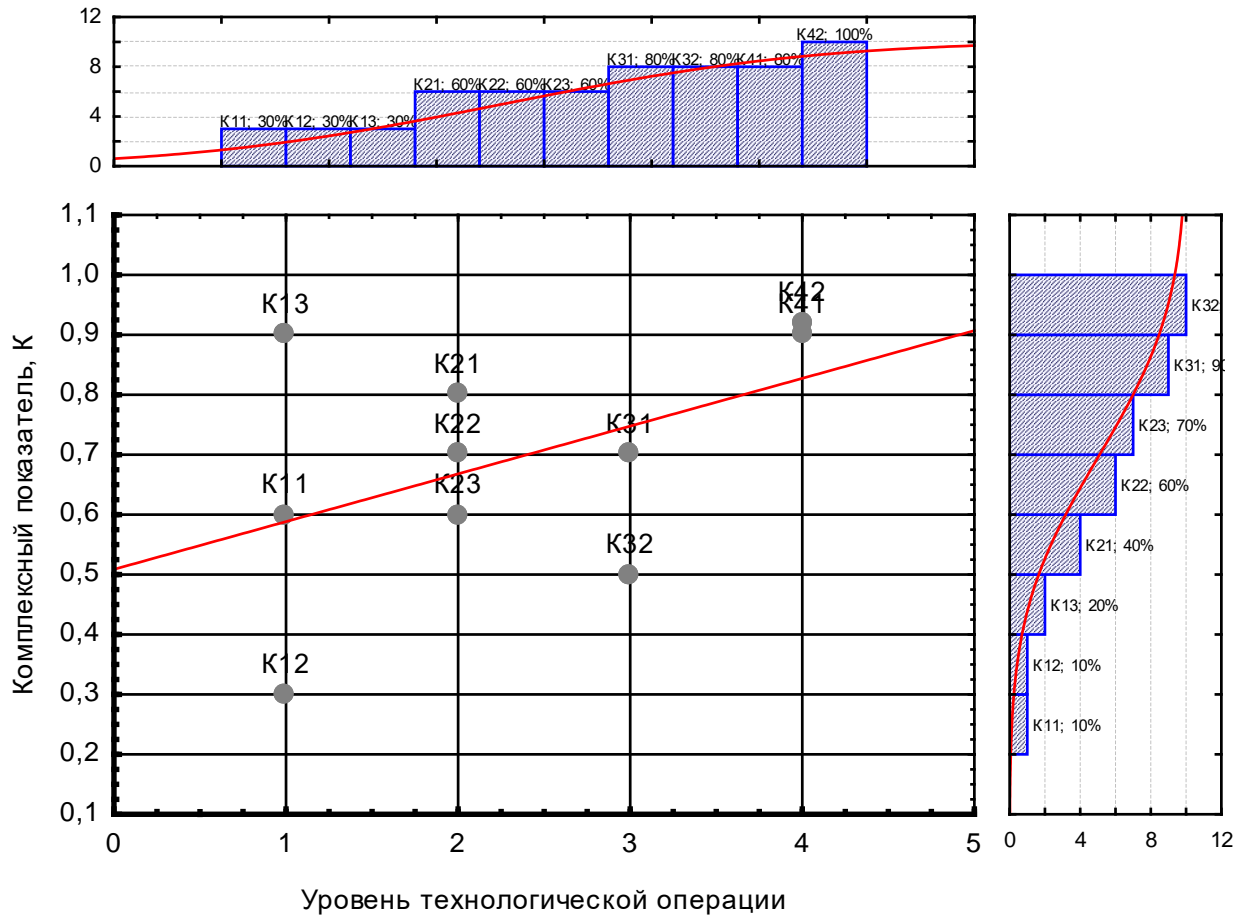


Рис. 2. Графический метод определения приоритетов технологий с соответствующим набором технологических операций

**Результаты исследований.** С целью установления эффективности технологического процесса очистки и восстановления отработанных масел и его экологической безопасности для персонала и окружающей среды, технологические операции и средства предложено оценивать с использованием комплексного критерия. Используемый для расчета значений комплексного показателя метод анализа иерархий позволил установить следующее. Результаты расчета итоговых значений приоритетов по технологическим операциям показал, что наибольший коэффициент удельной эффективности имеют операции ( $K_{13}$ ) деэмульгирования масел – 0,8; ( $K_{21}$ ) гидроциклонная очистка от нерастворимых примесей – 0,6. Операции коагуляции ( $K_{31}$ ) и абсорбции ( $K_{32}$ ) – 0,4, а операции компаундирования ( $K_{41}$ ) и ( $K_{42}$ ) – 0,85. При этом наибольшее значение коэффициента экологической безопасности 0,3 имеет операция ( $K_{31}$ ), а наименьшее 0,05 – операция ( $K_{41}$ ) компаундирования масла с присадками. В результате расчета итоговых значений приоритетов по сгруппированным наборам (альтернативным вариантам) технологических операций установлено, что наибольшее значение комплексного показателя 0,84 (рис. 2) имеет технология восстановления эксплуатационных свойств отработанных масел с набором следующих технологических операций: деэмульгирование масел ( $K_{13}$ ), гидроциклонная очистка от нерастворимых примесей ( $K_{21}$ ), коагуляция ( $K_{31}$ ) и компаундирование с товарным маслом ( $K_{42}$ ). Использование данной технологии обеспечит высокую эффективность очистки отработанных масел и минимальное негативное влияние на персонал и окружающую среду.

**Выводы.** Использование метода анализа иерархий при выборе технологических операций позволяет существенно снизить время обработки массива данных при множестве альтернативных вариантов, и с высокой степенью достоверности выбрать оптимальный

вариант набора технологических операций. Кроме того, расчет итоговых значений приоритетов технологических операций позволяет сделать общую оценку эффективности процесса с заданным набором технологических операций. Предлагаемая методика оптимизации может быть использована при разработке технологических процессов любого производства. Особенностью методики является ее вариативность, поскольку в виде целевой функции может быть принят любой комплексный показатель, учитывающий особенности конкретного производства и необходимых параметров, как самого технологического процесса, так и производимого продукта. Кроме того, анализ полученных данных позволит еще на этапе создания технологии провести корректировку по выбору технологических операций и оборудования с целью наибольшего удовлетворения поставленным целям.

### Литература

1. Глущенко А.А. Экологически безопасные технологии восстановления эксплуатационных свойств отработанного моторного масла с использованием гидроциклона. – Ульяновск: УГСХА, 2011. – С. 166-170.
2. Машуров А.Ю., Винокуров А.Ф., Левочки А.И. Метод анализа иерархий для определения лучшей альтернативы // Молодой ученый. – 2019. – №17. – С. 34-38. – URL <https://moluch.ru/archive/255/58456/> (дата обращения: 23.09.2019).
3. Глущенко А.А., Зейнетдинов Р.А. К обоснованию критерия оптимизации процесса регенерации моторных масел // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 1 (13). – С.84-87.
4. Черняк А.А., Черняк Ж.Ю., Метельский Ю.М. Математическое программирование. Алгоритмический подход. – Минск.: Выш. шк., 2006. – 352 с.
5. Айнштейн В.Г. Общий курс процессов и аппаратов химической промышленности – М.: Издательство: Бинوم. ЛЗ, 2014. – 1758 с.
6. Глущенко А.А. Осушка отработанных масел с использованием деэмульгатора // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии им. П.А. Столыпина. – 2015. – №1(29). – С. 106-110.
7. Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. – М.: Техносфера, 2007. – 148 с.
8. Замальтдинов М.М., Глущенко А.А. Модульная линия очистки отработанных минеральных моторных масел от загрязнений // Известия МААО. – 2011. – №11. – С. 16-21.
9. McGinley P. Decision analysis software survey. OR/MS Today– 2014. – 41(5).
10. Медведев А.В. Оптимизационная система поддержки принятия решений в бизнес-планировании // Успехи современного естествознания. – 2015. – №1-4. – С. 679-683.
11. William Ho. Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review. European Journal of Operational Research 186. – 2008. – pp. 211-228.

### Literatura

1. Glushchenko A.A. Ekologicheski bezopasnye tekhnologii vosstanovleniya ekspluatatsionnyh svojstv otrabotannogo motornogo masla s ispol'zovaniem gidrociklona. – Ul'yanovsk: UGSKHA, 2011. – S. 166-170.
2. Mashurov A.YU., Vinokurov A.F., Levochko A.I. Metod analiza ierarhij dlya opredeleniya luchshej al'ternativy // Molodoj uchenyj. – 2019. – №17. – S. 34-38. – URL <https://moluch.ru/archive/255/58456/> (data obrashcheniya: 23.09.2019).
3. Glushchenko A.A., Zejnetdinov R.A. K obosnovaniyu kriteriya optimizacii processa regeneracii motornyh masel // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2011. – № 1 (13). – S.84-87.
4. SHernyak A.A., SHernyak ZH.YU., Metel'skij YU.M. Matematicheskoe programmirovanie. Algoritmicheskij podhod. – Minsk.: Vysh. shk., 2006. – 352 s.
5. Ajnshtejn V.G. Obschij kurs processov i apparatov himicheskoy promyshlennosti – M.: Izdatel'stvo: Binom. LZ, 2014. – 1758 s.

6. **Glushchenko A.A.** Osushka otrabotannyh masel s ispol'zovaniem deemul'gatora // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. P.A. Stolypina. – 2015. – №1(29). – S. 106-110.
7. **Ignatovich E.** Himicheskaya tekhnika. Processy i apparaty. – M.: Tekhnosfera, 2007. – 148 s.
8. **Zamal'tdinov M.M., Glushchenko A.A.** Modul'naya liniya ochistki otrabotannyh mineral'nyh motornyh masel ot zagryaznenij // Izvestiya MAAO. – 2011. – №11. – S. 16-21.
9. **McGinley P.** Decision analysis software survey. OR/MS Today– 2014. – 41(5).
10. **Medvedev A.V.** Optimizacionnaya sistema podderzhki prinyatiya reshenij v biznes-planirovanii // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2015. – №1-4. – S. 679-683.
11. **William Ho.** Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review. European Journal of Operational Research 186. – 2008. – pp. 211-228.

УДК 631.37

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14141

Канд. техн. наук, доцент **М.М. ЗАМАЛЬДИНОВ**  
(Ульяновский ГАУ, zamaldinov.marat@mail.ru)

Канд. техн. наук, доцент **И.Р. САЛАХУТДИНОВ**  
(Ульяновский ГАУ, ilmas.73@mail.ru)

Доктор техн. наук, доцент **Р.Т. ХАКИМОВ**  
(ФГБОУ ВО СПБГАУ, haki7@mail.ru)

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО МАСЛА И ВЛИЯНИЕ ТИПА ОЧИСТИТЕЛЯ НА ИЗНОС ДВИГАТЕЛЯ

Работа минеральных масел в двигателях внутреннего сгорания протекает в условиях высоких температур и давлений. Масла в процессе работы в двигателях также контактируют с продуктами неполного сгорания топлива, взвешенными частицами воды и поверхностями трущихся деталей. В результате работы свойства данных масел меняются и в нем накапливаются нерастворимые примеси. Этот процесс вызывает в двигателе преждевременный износ и выход его из строя [1, 9-15].

**Целью исследования** является влияние типа очистителя на износ двигателя и интенсивность загрязнения масла в условиях эксплуатации.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Основные изменения качества эксплуатационных свойств минеральных масел происходят в зонах гильзо-поршневой группы и картера. В зоне гильзо-поршневой группы при высоких температурах протекают процессы сгорания топлива, что приводит к термическому разложению и окислению минерального масла. В связи с тем что в картере двигателя температура масла невысокая, из-за образования масляного тумана, основным процессом изменения эксплуатационных свойств минеральных масел является окисление [2, 3].

Во время работы двигателя внутреннего сгорания минеральное масло загрязняется непрерывно. На интенсивность загрязнения масла влияют также технологические и эксплуатационные показатели двигателя. Большое влияние на загрязнение минерального масла продуктами неполного сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания оказывает вид применяемого топлива.

В процессе работы дизельных двигателей продуктом загрязнения минерального масла является сажа. В дизельных двигателях внутреннего сгорания сажи образуется больше, чем в карбюраторных и особенно в газовых двигателях.

При одинаковых характеристиках дизельных, карбюраторных и газовых двигателей, показатели загрязняющих примесей в дизельных двигателях сажей от 2 до 5 раз больше, чем в карбюраторных, и от 10 до 20 раз больше, чем в газовых двигателях (табл. 1).

Таблица 1. Показатели загрязнения минерального масла от типа двигателя

Двигатель	Скорость	
	мг/л.с.ч	мг/л.с.км
Дизельные:		
автомобильные	15-55	0,4-2,1
тракторные	48-89	1,5-2,9
Карбюраторные:		
легковой автомобиль	4-29	0,1-0,6
грузовой автомобиль	5-38	0,3-1,7
Газовые двигатели	1,6-7,9	0,03-0,35

При переводе дизельного или карбюраторного двигателя внутреннего сгорания с жидкого топлива на газообразное, меняются условия сгорания топлива. При этом уменьшается загрязнение минерального масла, а также уменьшается количество отложений на поверхностях деталей двигателя. Поэтому срок службы минеральных масел в газовых двигателях больше, чем в дизельных и карбюраторных двигателях [4, 5].

Размеры частиц загрязнения зависят от диспергирующих свойств масел, применения масел с присадками или без присадок. Загрязнение минеральных масел влияет на эффективность очистки масла различными фильтрами и центрифугами.

Надежность и долговечность двигателей внутреннего сгорания в значительной степени зависит от степени загрязнения деталей двигателей. Поэтому были проведены исследования по выявлению влияния различных маслоочистителей на загрязнение автомобильного карбюраторного двигателя. Испытания проводились 50-часовыми циклами в стендовых условиях на двигателях УМЗ-417 и ЗИЛ-130 с различными маслоочистителями и сортами масел.

На двигателе ЗИЛ-130 испытаниям подвергались центрифуга и полнопоточный бумажный фильтр. При этом использовалось минеральное масло 15W40. На двигателе УМЗ-417 подвергались испытанию бумажный масляный фильтр КОЛАН 2101С с минеральным маслом 5W40. Температурный режим охлаждающей жидкости и масла в процессе испытаний поддерживали в пределах 85–90<sup>0</sup>С. После очередного цикла испытаний маслоочистителей, проводили частичную разборку двигателей с выемкой поршневой группы. Данную процедуру проводили с целью оценки подвижности поршневых колец и загрязненности поршня.

Затем детали очищали от продуктов загрязнения горячим способом химической очистки деталей и производилась сборка двигателя.

Подвижность поршневых колец и отложений загрязнений на поршне оценивают баллами по методике УИМ-6 НАТИ [6, 8].

В таблице 2 представлены средние и максимальные концентрации загрязняющих примесей, полученные в различных циклах испытаний.

Таблица 2. Средние и максимальные значения концентрации загрязняющих примесей в минеральном масле при испытаниях двигателей с различными маслоочистителями

Двигатель	Минеральное масло	Маслоочиститель	Концентрация загрязняющих примесей в масле, %	
			средняя	максимальная
ЗИЛ-130	15W40	Центрифуга	0,26	0,48
		Полнопоточный бумажный фильтр	0,37	0,48
УМЗ-417	5W40	Масляный фильтр КОЛАН 2101С	0,21	0,34

Из приведенных данных следует, что средние и максимальные значения концентрации загрязняющих примесей в минеральном масле при очистке центрифугами и фильтрами обоих типов практически одинаковы.

Влияние типа применяемого маслоочистителя на снижение износа деталей двигателя в первую очередь определяется надежностью защиты отдельных пар трения от опасных частиц загрязнения [7]:

$$N = 1 - C, \quad (1)$$

где  $C$  – вероятность попадания частицы загрязнения в пару трения.

Если условно предположить, что отдельные узлы и агрегаты системы смазки двигателя работают независимо друг от друга, то вероятность попадания частиц загрязнения из масла в тот или иной узел составляет:

$$C_{nm} = 1 - e^{-\frac{Q \cdot t}{V}}, \quad (2)$$

где  $Q$  – объемный расход масла через данный узел в единицу времени, л/мин;  $V$  – объем масла в двигателе, л;  $t$  – время работы с момента попадания частицы в масло, мин.

Вероятность удержания данным узлом, например фильтром, частицы загрязнения:

$$C_{\phi} = 1 - e^{-\frac{Q \cdot \phi \cdot t}{V}}, \quad (3)$$

где  $\phi$  – коэффициент отсева фильтром или другим узлом при прохождении через него масла.

Из уравнения (2) и (3) видно, что при  $\phi=1$  вероятность удержания частицы загрязнения каким-либо узлом является также вероятностью ее попадания в данный узел.

В действительности в двигателях при работе всех узлов системы смазки происходят одновременно два взаимосвязанных процесса – прохождение минерального масла через фильтры и через пары трения.

Рассмотрим общий случай при наличии в системе  $m$  количества узлов, куда входят  $n$  пар трения,  $z$  последовательно и  $y$  параллельно включенных фильтров.

В этом случае вероятность удержания частиц загрязнения одним из фильтров или одной из пар трения, согласно положениям теории вероятности, составляет:

$$C_{\phi} = \frac{g_{\phi} \cdot \phi_{\phi}}{\phi_{\Sigma}} \cdot C_{\Sigma}; \quad (4)$$

$$C_{nm} = \frac{g_{nm} \cdot \phi_{nm}}{\phi_{\Sigma}} \cdot C_{\Sigma}, \quad (5)$$

где  $g_{\phi}$  – доля загрязнения, поступающая в данный фильтр с маслом, от общего количества загрязнения в масле, идущего от насоса в двигатель;  $\phi_{\phi}$  – коэффициент отсева фильтром;  $g_{nm}$  – доля загрязнения, поступающая в данную пару трения с маслом, от общего количества загрязнения в масле, идущего от насоса к двигателю;  $\phi_{nm}$  – коэффициент отсева парой трения;  $\phi_{\Sigma}$  – суммарный коэффициент отсева масла в системе за один проход через все фильтры и пары трения;  $C_{\Sigma}$  – суммарная вероятность удержания частиц загрязнения системой фильтров и пар трения за время  $t$ .

Значение  $g_{\phi}$  определяем из выражения:

$$g_{\phi} = \frac{Q_{\phi} \cdot x_{\phi}}{Q_{\Sigma} \cdot x}, \quad (6)$$

где  $Q_{\phi}$  – расход масла через данный фильтр, л/мин;  $x_{\phi}$  – концентрация загрязнения в масле перед фильтром, %;  $Q_{\Sigma}$  – производительность насоса, л/мин;  $x$  – концентрация загрязнения в масле за насосом, %.



Находим значение  $g_{nm}$ :

$$g_{nm} = \frac{Q_{nm} \cdot x_{nm}}{Q_{\Sigma} \cdot x}, \quad (7)$$

где  $Q_{nm}$  – расход масла через данную пару трения, л/мин;  $x_{nm}$  – концентрация загрязнения в масле перед парой трения, %.

Значение  $C_{\Sigma}$ , равное сумме  $C_{\phi}$  и  $C_{nm}$ , составляет:

$$C_{\Sigma} = 1 - e^{-\frac{Q_{\Sigma} \cdot \varphi_{\Sigma} \cdot t}{V}}. \quad (8)$$

Значение суммарного коэффициента определяется:

$$\varphi_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{i=m} \varphi_i \cdot g_i. \quad (9)$$

Для нашего условия значение суммарного коэффициента будет равно:

$$\varphi_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{i=n} \varphi_{nm} \cdot g_{nm} + \sum_{i=1}^{i=z} \varphi_{\phi} \cdot g_{\phi} + \sum_{i=1}^{i=y} \varphi_{\phi} \cdot g_{\phi}. \quad (10)$$

Подставляя соответствующие значения членов в уравнения (4) и (5), получим:

$$C_{\phi} = \frac{g_{\phi} \cdot \varphi_{\phi}}{\sum_{i=1}^{i=m} \varphi_i \cdot g_i} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{Q_{\Sigma} \cdot \sum_{i=1}^{i=m} \varphi_i \cdot g_i}{V} \cdot t} \right). \quad (11)$$

$$C_{nm} = \frac{g_{nm} \cdot \varphi_{nm}}{\sum_{i=1}^{i=m} \varphi_i \cdot g_i} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{Q_{\Sigma} \cdot \sum_{i=1}^{i=m} \varphi_i \cdot g_i}{V} \cdot t} \right). \quad (12)$$

Вероятность попадания частицы в данную пару трения составляет  $\varphi_{nm}=1$ .

В этом случае уравнение (12) примет вид:

$$C_{nm} = \frac{g_{nm}}{\sum_{i=1}^{i=m} \varphi_i \cdot g_i} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{Q_{\Sigma} \cdot \sum_{i=1}^{i=m} \varphi_i \cdot g_i}{V} \cdot t} \right). \quad (13)$$

При условии, что все частицы загрязнения свободно проходят вместе с маслом через пары трения, вероятность попадания частиц в пару трения определяется по формуле:

$$C_{nmi} = \frac{g_{nmi}}{g_{nmi} + \sum_{i=1}^{i=z} \varphi_{\phi i} \cdot g_{\phi i} + \sum_{i=1}^{i=y} \varphi_{\phi i} \cdot g_{\phi i}} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{g_{nmi} + \sum_{i=1}^{i=z} \varphi_{\phi i} \cdot g_{\phi i} + \sum_{i=1}^{i=y} \varphi_{\phi i} \cdot g_{\phi i}}{V} \cdot Q_{\Sigma} \cdot t} \right), \quad (14)$$

Для практических расчетов целесообразно определять максимальное значение вероятности попадания частицы загрязнения в трущиеся пары двигателя, соответствующие условию  $t = \infty$ .

Тогда максимальная вероятность попадания частиц загрязнения в трущиеся пары:

$$C'_{nmi} = \frac{g_{nmi}}{g_{nmi} + \sum_{i=1}^{i=z} \varphi_{\phi i} \cdot g_{\phi i} + \sum_{i=1}^{i=y} \varphi_{\phi i} \cdot g_{\phi i}} \quad (15)$$

Если на двигателе только  $z$  параллельно включенных фильтров, то концентрация частиц загрязнения в масле одинаковая и  $g_{nm} = m_{nm}$ , а  $g_{\phi} = m_{\phi}$ , и уравнение (15) примет следующий вид:

$$C'_{nmi} = \frac{m_{nmi}}{m_{nmi} + \sum_{i=1}^{i=z} \varphi_{\phi i} \cdot g_{\phi i}}, \quad (16)$$

где  $m_{nmi}$  и  $m_{\phi i}$  – доли масла, расходуемого через пару трения и фильтр соответственно, от общего количества масла, идущего от насоса к двигателю.

Надежность защиты пары трения от частиц загрязнения масла в процентах определяется:

$$N = 100 \cdot (1 - C). \quad (17)$$

Таким образом, с помощью полученных уравнений можно достаточно легко определить надежность защиты пар трения от попадания в них частиц загрязнения при использовании в двигателе различной системы очистки масла.

**Результаты исследований.** В таблице 3 представлены результаты расчетов надежности защиты подшипников коленчатого вала (в числителе) и цилиндров (в знаменателе) двигателя ЗИЛ-130 от частиц загрязнения масла при использовании разных очистителей.

Таблица 3. Надежность защиты подшипников коленчатого вала и цилиндров двигателя ЗИЛ-130

Маслоочиститель	Способ включения	Диаметр частиц, мкм				
		1	3	5	10	20 и более
Полнопоточный бумажный фильтр	Параллельный	$\frac{0...5}{0...20}$	$\frac{0...5}{0...20}$	$\frac{0...5}{20}$	$\frac{5}{20}$	$\frac{5}{20}$
	Последовательный	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0...100}{0...100}$	$\frac{0...100}{0...100}$	$\frac{100}{100}$
Центрифуга	Параллельный	$\frac{3}{14}$	$\frac{9}{47}$	$\frac{28}{66}$	$\frac{49}{82}$	$\frac{50}{83}$
	Последовательный	$\frac{3}{14}$	$\frac{17}{51}$	$\frac{40}{76}$	$\frac{92}{99}$	$\frac{100}{100}$

Из приведенных данных видно, что в начале работы двигателя, когда поры фильтров еще не забились, наибольшая надежность защиты пар трения от попадания опасных крупных частиц имеет место при использовании последовательно соединенной центрифугой, а затем параллельно соединенной.

При использовании полнопоточного бумажного фильтра хотя и отсутствует вероятность поступления в трущиеся пары двигателя опасных абразивных частиц загрязнения размером более 20 мкм, но могут попадать частицы меньшего размера.

Таким образом, наилучшая защита пар трения от попадания в них абразивных частиц загрязнения наиболее опасных размеров обеспечивается при параллельной очистке масла фильтрами и центрифугами.

Это подтверждается результатами проведенных испытаний на двигателе ЗИЛ-130 с искусственным загрязнением картерного масла кварцевой пылью (табл. 4).

Таблица 4. Удельный износ деталей двигателя в %

Двигатель	ЗИЛ-130					
	Без очистки		Способ соединения			
			параллельно		последовательно	
	мкм/г	%	фильтр	центрифуга	фильтр	центрифуга
Гильза цилиндров			0,36	100	47	11
Кольца поршневые:						
1 компрессионное	0,75	100	14	5	30	24
2 компрессионное	0,49	100	12	4	35	18
3 компрессионное	2,3	100	45	7	71	20
маслосъемное	5,8	100	33	10	74	28
Шейки коленчатого вала:						
коренные	0,14	100	45	10	72	18
шатунные			38	12	48	20
Вкладыши:						
коренные	0,25	100	32	20	-	27
шатунные	0,28	100	45	15	-	27

### Выводы:

1. В процессе работы двигателя внутреннего сгорания минеральное масло загрязняется непрерывно. На интенсивность загрязнения масла влияют технологические, эксплуатационные показатели двигателя и вид применяемого топлива.

2. Наибольший эффект снижения износа деталей двигателя внутреннего сгорания достигается путем использования в системе тонкой очистки минерального масла полнопоточных фильтров и центрифуг, которые обеспечивают полную очистку поступающего к парам трения минерального масла от наиболее опасных абразивных частиц загрязнения.

### Литература

1. **Замальдинов М.М., Яковлев С.А., Шленкин А.К.** Результаты исследований противоизносных свойств частично восстановленных минеральных масел // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина. – Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2018. – С. 154-158.
2. **Боренко М.В.** и др. Анализ информативности показателей состояния работавших дизельных масел // Химия и технология топлив и масел. – 1994. – № 4. – С. 34-41.
3. **Бутов Н.П.** Научные основы проектирования малоотходной технологии переработки и использования отработанных минеральных масел. – зерноград: ВНИИПТИМЭСХ, 2000. – 410 с.
4. **Заславский Ю.С.** Трибология смазочных материалов. – М.: Химия, 1991. – 215 с.

5. **Keey R.B.** Drying of loose and Pastisnlate Material. – New York: Hemisphere, 1992. – 540 p.
6. **Комбалов В.С.** Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник / под ред. К.В. Фролова, Е.А. Марченко. – М.: Машиностроение, 2008. – 384 с.
7. **Гаркунов Д.Н.** Триботехника. – М.: Машиностроение, 1989. – 327 с.
8. **Аюгин П.Н., Аюгин Н.П., Молочников Д.Е., Сафаров Р.К.** Улучшение эксплуатационных характеристик дизеля // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы VI Международной научно-практической конференции. – Пенза: ПГСХА, 2015. – С. 157-159.
9. **Молочников Д.Е., Тарасов Ю.С.** Результаты влияния центробежного, гравитационного и трибоэлектрического эффектов на степень очистки топлив от механических примесей и воды // Молодежь и наука XXI века: материалы III-й Международной научно-практической конференции. – Пенза: ПГСХА, 2010. – С. 78-80.
10. **Молочников Д.Е.** Доочистка моторного топлива в условиях сельскохозяйственных предприятий: автореф. дис. ... канд. технических наук. – Пенза: ПГСХА, 2007. – 17 с.
11. **Молочников Д.Е.** Динамическая очистка топлива и устройство для ее реализации // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 10. – С. 39-40.
12. **Татаров Л.Г., Молочников Д.Е.** Результаты исследований устройства для очистки дизельного топлива // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 2. – С. 28.
13. **Кочетков Е.Г., Исаев Ю.М., Илькин С.Н., Лапшин Ю.А., Молочников Д.Е.** Влияние магнитного поля на скорость осаждения частиц в фильтре // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: материалы VII Международной научно-практической конференции. – Пенза: ПГСХА, 2005. – С. 113-116.
14. **Замальдинов М.М.** Многоступенчатый способ очистки и частичного восстановления эксплуатационных свойств отработанных моторных минеральных масел: монография. – Ульяновск: УГСХА им. П.А.Столыпина, 2012. – 207 с.
15. **Erokhin M.N., Didmanidze O.N., Aldoshin N.V., Khakimov R.T.** The combustion process and heat release in the gas engine. В сборнике: Proceeding of 7th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2019 (PAE 2019) 2019. С. 607-611.

### Literatura

1. **Zamal'dinov M.M., YAKovlev S.A., SHlenkin A.K.** Rezul'taty issledovaniy protivoznosnyh svojstv chastichno vosstanovlennyh mineral'nyh masel // Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya: materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 75-letiyu Ul'yanovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni P.A. Stolypina. – Ul'yanovsk: Ul'yanovskij GAU, 2018. – S. 154-158.
2. **Borenko M.V. i dr.** Analiz informativnosti pokazatelej sostoyaniya rabotavshih dizel'nyh masel // Himiya i tekhnologiya topliv i masel. – 1994. – № 4. – S. 34-41.
3. **Butov N.P.** Nauchnye osnovy proektirovaniya maloosobnoy tekhnologii pererabotki i ispol'zovaniya otrabotannyh mineral'nyh masel. – Zernograd: VNIPTIMESKH, 2000. – 410 s.
4. **Zaslavskij YU.S.** Tribologiya smazochnyh materialov. – М.: Himiya, 1991. – 215 s.
5. **Keey R.B.** Drying of loose and Pastisnlate Material. – New York: Hemisphere, 1992. – 540 p.
6. **Kombalov B.C.** Metody i sredstva ispytaniy na trenie i iznos konstrukcionnyh i smazochnyh materialov: spravochnik / pod red. K.V. Frolova, E.A. Marchenko. – М.: Mashinostroenie, 2008. – 384 s.
7. **Garkunov D.N.** Tribotekhnika. – М.: Mashinostroenie, 1989. – 327 s.
8. **Ayugin P.N., Ayugin N.P., Molochnikov D.E., Safarov R.K.** Uluchshenie ekspluatacionnyh harakteristik dizelya // Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya: materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Penza: PGSKHA, 2015. – S. 157-159.

9. **Molochnikov D.E., Tarasov YU.S.** Rezul'taty vliyaniya centrobezhnogo, gravitacionnogo i triboelektricheskogo effektov na stepen' ochistki topliv ot mekhanicheskikh primesej i vody // Molodezh' i nauka XXI veka: materialy III-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Penza: PGSKHA, 2010. – S. 78-80.
10. **Molochnikov D.E.** Doochistka motornogo topliva v usloviyah sel'skohozyajstvennyh predpriyatij: avtoref. dis... kand. tekhnicheskikh nauk. – Penza: PGSKHA, 2007. – 17 s.
11. **Molochnikov D.E.** Dinamicheskaya ochistka topliva i ustrojstvo dlya ee realizacii // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2006. – № 10. – S. 39-40.
12. **Tatarov L.G., Molochnikov D.E.** Rezul'taty issledovaniy ustrojstva dlya ochistki dizel'nogo topliva // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2007. – № 2. – S. 28.
13. **Kochetkov E.G., Isaev YU.M., P'kin S.N., Lapshin YU.A., Molochnikov D.E.** Vliyanie magnitnogo polya na skorost' osazhdeniya chastic v fil'tre // Goroda Rossii: problemy stroitel'stva, inzhenernogo obespecheniya, blagoustrojstva i ekologii: materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Penza: PGSKHA, 2005. – S. 113-116.
14. **Zamal'dinov M.M.** Mnogostupenchatyj sposob ochistki i chastichnogo vosstanovleniya ekspluatacionnyh svojstv otrabotannyh motornyh mineral'nyh masel: monografiya. – Ul'yanovsk: UGSKHA im. P.A.Stolypina, 2012. – 207 s.
15. **Erokhin M.N., Didmanidze O.N., Aldoshin N.V., Khakimov R.T.** The combustion process and heat release in the gas engine. V sbornike: Proceeding of 7th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2019 (PAE 2019) 2019. S. 607-611.

УДК 621.313

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14148

Канд. техн. наук **А.Г. ЧЕРНЫХ**  
(Иркутский ГАУ, kandida2006@yandex.ru)

## **РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ УСТАНОВКИ МИКРОГЭС НА БАЗЕ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С ЭКРАНИРОВАННЫМ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ**

В последние десятилетия малая гидроэнергетика развивается как неотъемлемая составная часть энергетической системы во многих странах мира. Малая гидроэнергетика, ориентированная на экологически чистую энергетику на базе возобновляемых источников энергии, в частности, источников, использующих энергию малых и средних естественных водотоков, водохранилищ, озер и прудов, является альтернативным источником энергии для районов, удаленных от централизованного электроснабжения, а также районов сельской местности [1].

Обеспечение доступа к электроэнергии сельского населения позволяет им удовлетворять почти круглый год минимальный набор бытовых (освещение, отопление, приготовление пищи и т.п.) и социальных благ [2].

Как правило, в сельской местности средний уровень потребности в электроэнергии (на семью из 4 человек) складывается из энергетических затрат на работу коммунально-бытовых электрических приемников и работу электрических нагревателей для горячего водоснабжения и составляет 4,6 кВт·час [3].

Основным видом малых и микро – гидроэлектростанций (ГЭС), в которых напор создается за счет естественного перепада уровней водотока при напорной или безнапорной деривации, является деривационная ГЭС. Разновидностью деривационной ГЭС является рукавная микроГЭС, на которой в качестве деривации используется нестационарный сборный или гибкий рукав или шланг.

Для микроГЭС с напорными водоводами, относящимися к типу скоростных, один из путей сокращения стоимости гидросилового оборудования и повышения надежности его

работы напрямую связан с решением комплексной задачи по рациональному выбору конструкции гидроблока и типу электрического генератора электростанции [4]. При выборе конструкции гидроблока желательнее минимизировать количество динамических уплотнений и использовать в процессе работы эластичные конструкции трубопроводов. Применение конструктивной схемы герметизации энергоблока микроГЭС с использованием серийных центробежных насосов с асинхронными экранированными электродвигателями (ЭАД) позволяет исключить щелевые и контактные уплотнения между турбиной и электродвигателем [5]. Использование насоса для работы в обратном режиме турбины позволяет получить, с одной стороны, электрический генератор (экранированный асинхронный генератор – ЭАГ) [6], а с другой стороны – дополнительные функциональные возможности по практическому использованию проточной части энергоблока микроГЭС, обусловленные особенностью теплового режима работы экранированной машины.

**Цель исследования** – на примере микроГЭС с использованием серийных центробежных насосов с асинхронными экранированными электродвигателями показать практическую возможность использования обратного режима работы насоса в качестве турбины, для преобразования энергии водного потока в электрическую на стороне экранированного асинхронного генератора с самовозбуждением и тепловую энергию проточной воды. Разработать функциональную схему энергоблока станции для принятого алгоритма управления активной мощностью в системе генератор–нагрузка. Рассчитать температуру воды в балластной нагрузке за счет прямого нагрева, а также косвенного нагрева за счет электрических потерь в гильзе статора и потерь от механического трения, возникающего при контакте гильзы вращающегося ротора с омывающей ее проточной водой.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Выходное напряжение и выходная мощность генератора относятся к режимным параметрам работы микроГЭС, регулирование которых возможно как со стороны водостока, так и со стороны электрического генератора. Регулирование напряжения и мощности со стороны водостока требует применения гидравлического регулятора при подаче воды в водовод и, как следствие, установку запорной и регулирующей арматуры. Результаты расчета затрат, связанных с указанным способом регулирования напряжения и мощности, позволяют сделать вывод о том, что в структуре первоначальных затрат существенно возрастает доля, связанная с механическим оборудованием [7].

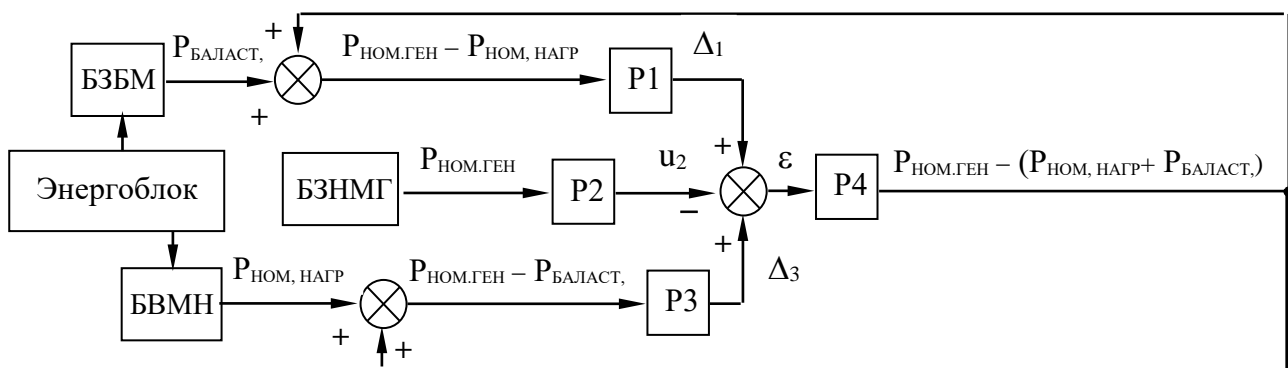


Рис. 1. Блок-схема двухканального регулирования мощности:

$P_{\text{НОМ.ГЕН}}$  – номинальная мощность генератора;  $P_{\text{НОМ.НАГР}}$  – номинальная мощность нагрузки;  $P_{\text{БАЛЛАСТ.}}$  – мощность балластной нагрузки; БЗБМ – блок задания балластной мощности; БЗНМГ – блок задания номинальной мощности генератора; БВМН – блок вычисления мощности нагрузки; P1...P4 – регуляторы

Для минимизации влияния режимных параметров водостока на электрические параметры генератора, с точки зрения управления, необходимо такие параметры сделать не

переменными, а управляющими. Основным режимным параметром водостока является расход воды в водоводе пропорциональный его площади и рабочему напору. Решение локальной задачи стабилизации расхода в водоводе при переменном характере и типе полезной нагрузки на выходе генератора существенно упрощает решение главной задачи, связанной с управлением выходными величинами и параметрами показателей качества электроэнергии на выходе микроГЭС.

Одним из возможных вариантов решения данной задачи является алгоритм управления активной мощностью в системе генератор–нагрузка, представленный в виде блок-схемы, приведенной на рисунке 1.

В соответствии с рисунком 1 при двухканальном регулировании мощности обеспечивается выполнение тождества:

$$P_{\text{НОМ.ГЕН}} - (P_{\text{НОМ. НАГР}} + P_{\text{БАЛЛАСТ.}}) = 0$$

Величина балластной мощности определяет максимальную возможную часть мощности, которая может быть передана в нагрузку потребителям энергии.

Функциональная схема энергоблока при двухканальном регулировании мощности представлена на рисунке 2.

Учитывая переменный характер полезной нагрузки генератора, для выполнения условия баланса мощностей, связывающего величины входной мощности водотока и выходной электрической мощности, необходимо к электрическим контурам, образованным статорными обмотками генератора и полезной нагрузкой, присоединить в каждую фазу балластную нагрузку (БН), для которой в блоке РН предусмотрена возможность регулирования величины потребляемой активной мощности (рис. 2, плата № 6).

В дополнение к батарее статических конденсаторов, в панели возбуждения предусмотрен регулируемый блок возбуждения, функционально реализованный в виде управляемого полупроводникового выпрямителя, нагруженного на дроссель (рис. 2, позиция X5). С его помощью компенсируется реактивная мощность в канале нагрузки, когда последняя носит активно - индуктивный характер.

Задача стабилизации расхода воды в водоводе решается при монтаже микроГЭС таким образом, чтобы получаемая в единицу времени энергия водотока в сечении водопроводящего рукава равнялась сумме мощностей полезной и балластной нагрузок [8].

Применительно к предложенной конструкции микроГЭС балластная нагрузка представляет собой блок трехфазных трубчатых электронагревательных элементов (ТЭН), помещенных в замкнутую металлическую поверхность цилиндрической формы (рис. 3, позиция 1), которая подключена через два гибких патрубка: с одной стороны – к трубе водосброса (рис. 3, позиция 2), а с другой стороны – к водоводу на входе в турбину (рис. 3, позиция 3). Наличие перепада давления в указанных точках подключения ТЭНов обеспечивает проток речной воды в свободном полостном пространстве цилиндра в направлении водовод-водосброс. Учитывая, что микроГЭС работает по принципу балластного регулирования, то при отсутствии полезной нагрузки на выходе энергоблока вся гидравлическая мощность (с учетом суммарного коэффициента полезного действия), преобразованная в электромагнитную мощность ЭАГ, выделяется в виде тепловой энергии на трубчатых элементах. За счет явления теплоотдачи в балластной нагрузке происходит процесс отдачи тепла от ТЭНов к проточной воде в полостном пространстве цилиндра.

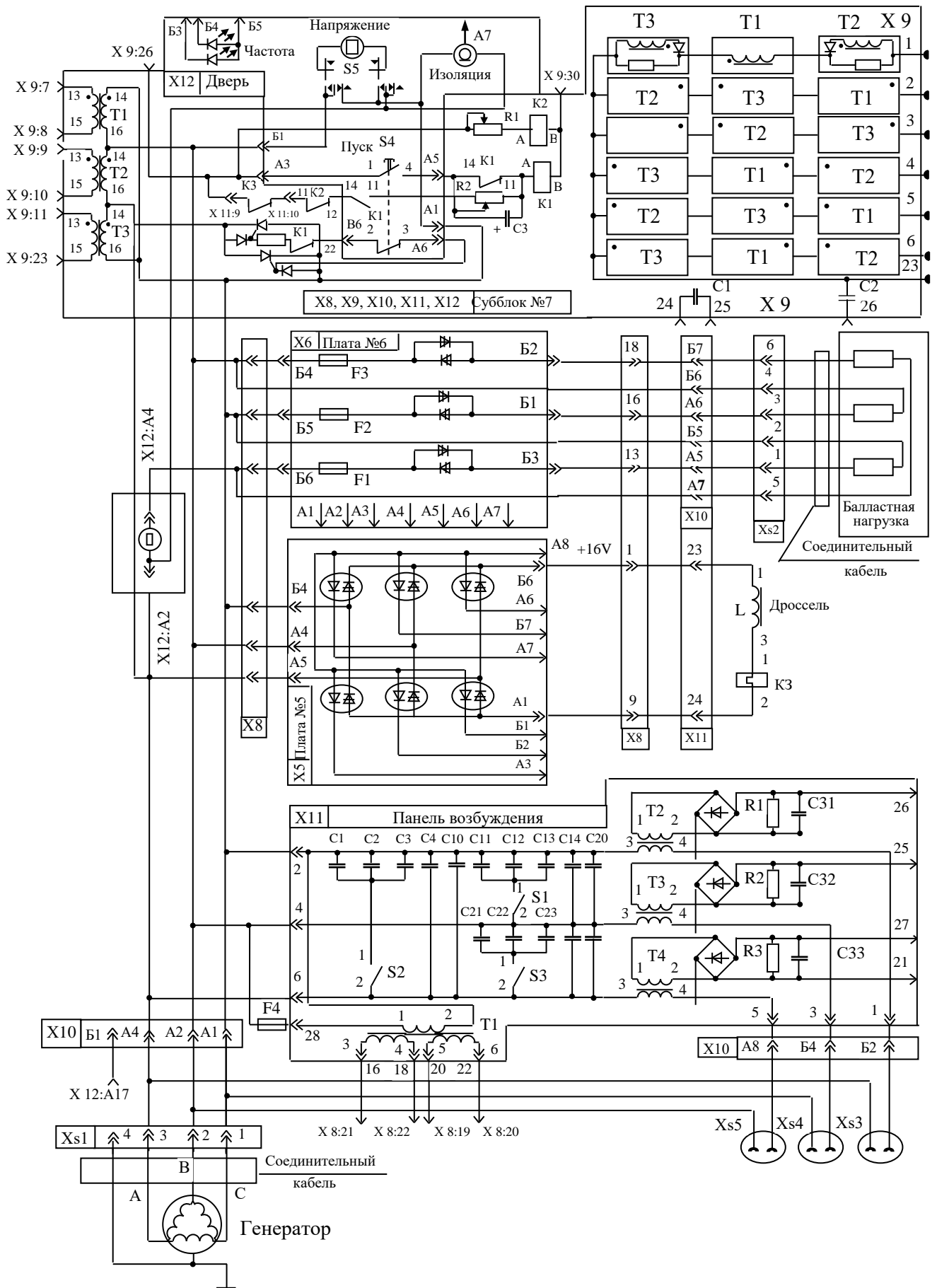


Рис. 2. Функциональная схема и схема внешних соединений регулятора напряжения с токопроводящими частями станции



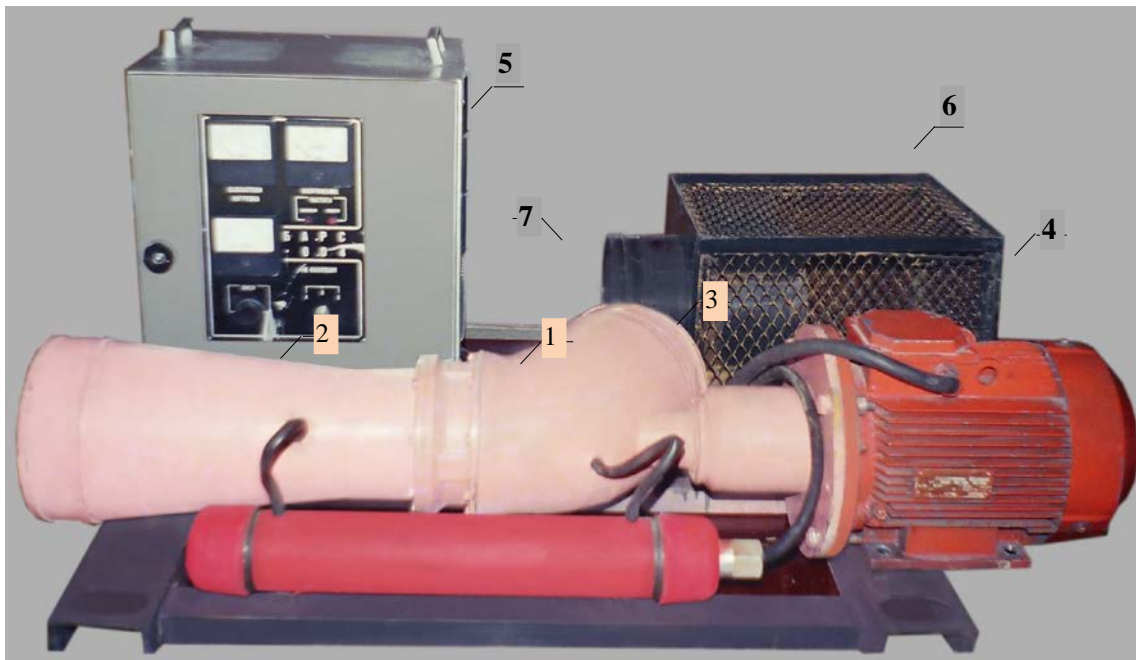


Рис. 3. Внешний вид установки микроГЭС: 1 – блок ТЭНов; 2 – отводящий патрубок блока ТЭНов; 3 – всасывающий патрубок блока ТЭНов; 4 – генератор; 5 – регулятор напряжения; 6 – водозаборное устройство; 7 – турбина

Особенности конструкции ЭАГ, связанные с наличием защитных, выполненных из немагнитного материала токопроводящих гильз на статоре и роторе, приводит к необходимости обеспечения минимального расхода речной воды  $Q_{\min}$  в полости между статором и ротором ЭАГ. Протекая через пространство, ограниченное зазором цилиндрической формы между гильзами статора и ротора, речная вода омывает их, обеспечивая при расходе  $Q_{\min}$  их охлаждение до требуемых по условиям эксплуатации значений температуры. Таким образом, попадая на вход турбины, речная вода будет иметь более высокую температуру, чем температура воды в верхнем створе, где расположено водозаборное устройство. В дополнение необходимо отметить, что после прохождения балластной нагрузки температура воды в трубе водосброса будет еще выше. Если блок ТЭНов расположить на значительном расстоянии от турбины, за счет использования отводящих патрубков соответствующей длины, то получаемую на его выходе воду можно использовать для коммунально-бытовых нужд.

Пренебрегая индуктивным сопротивлением статорной гильзы, выражение для расчета потерь в ней примет вид:

$$P_{\text{гильзы стат.}} = \frac{\pi^3 \cdot f_1^2 \cdot B_\delta^2 \cdot D_1^3 \cdot l_{\text{стат}} \cdot \delta_{\text{гильзы}} \cdot \varepsilon}{2 \cdot \rho_{\text{гильзы стат.}} \cdot p^2} \text{ [Вт]},$$

где  $l_{\text{стат.}}$  – длина пакета стали статора, м;  $\rho_{\text{гильзы стат.}}$  – удельное электрическое сопротивление гильзы статора (сталь 1Х18Н9Т), ом м;  $p$  – число пар полюсов;  $\delta_{\text{гильзы}}$  – толщина гильзы статора, м;  $D_1$  – диаметр расточки статора с защитной гильзой, м;  $B_\delta$  – среднее значение индукции в пространстве между статорной и роторной гильзами, Тл;  $f_1$  – частота выходного напряжения генератора, Гц;  $\varepsilon$  – коэффициент свеса; коэффициент свеса  $\varepsilon$  зависит от соотношения геометрических размеров расточки пакета статора  $\gamma$  ( $\varepsilon=0,62$  при  $\gamma=1$ ).

С использованием программы расчета параметров и характеристик экранированного асинхронного двигателя (ЭАД) [9] определим потери в гильзе статора ЭАД номинальной мощностью, равной 4,5 кВт.

$$P_{\text{гильзы стат.}} = \frac{\pi^3 \cdot f_1^2 \cdot B_\delta^2 \cdot D_1^3 \cdot l_{\text{стат.}} \cdot \delta_{\text{гильзы}}}{2 \cdot \rho_{\text{гильзы стат.}} \cdot p^2} \cdot \varepsilon =$$

$$= \frac{3,14^3 \cdot 50^2 \cdot 0,507^2 \cdot 0,104^3 \cdot 0,115 \cdot 0,008}{2 \cdot 72,5 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,62 = 1760 \text{ Вт.}$$

Повышение температуры воды на выходе турбины будет происходить не только за счет охлаждения гильз статора и ротора, но и за счет механического трения, возникающего при контакте гильзы вращающегося ротора с омывающей ее проточной водой. Мощность, затрачиваемая для преодоления трения о воду вращающегося ротора, складывается из двух составляющих [10]:

- потери на трение торцевых поверхностей ротора (дисковые потери)  $P_{\text{диск}}$ ;
- потери на трение цилиндрических поверхностей ротора  $P_{\text{цилинд.}}$ .

$$P_{\text{диск}} = 19,6 \cdot C_f \cdot \rho_{\text{вод}} \cdot R_{\text{рот}}^5 \cdot \omega^3 [\text{Вт}],$$

где  $C_f$  – коэффициент жидкостного трения;  $\rho_{\text{вод}}$  – плотность воды, кг сек<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $R_{\text{рот}}$  – наружный радиус ротора с защитной гильзой, м;  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора (по  $R_{\text{рот}}$ ), сек<sup>-1</sup>.

$$C_f = \frac{0,0465}{\sqrt[5]{R_e}}, \text{ где } R_e = \frac{R_{\text{рот}}^2 \cdot \omega}{\nu} \text{ – число Рейнольдса; } \nu \text{ – кинетическая вязкость}$$

$$\text{воды, } \nu = 1,789 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек; } \rho_{\text{вод}} [\text{кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^4] = \rho_{\text{вод}}/g = 1000/9,81 = 101,9638.$$

$$P_{\text{цилинд}} = \pi \cdot \lambda \cdot l_{\text{рот}} \cdot \rho_{\text{вод}} \cdot R_{\text{рот}}^4 \cdot \omega^3 \cdot g [\text{Вт}],$$

где  $l_{\text{рот}}$  – длина пакета стали ротора;  $\rho_{\text{вод}}$  – плотность воды, кг сек<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $R_{\text{рот}}$  – наружный радиус ротора с защитной гильзой, м;  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора, сек<sup>-1</sup>;  $\lambda$  – коэффициент сопротивления для цилиндрического течения;  $g$  – ускорение свободного падения.

Для ЭАД номинальной мощностью, равной 4,5 кВт, вычислим:

$$R_e = \frac{R_{\text{рот}}^2 \cdot \omega}{\nu} = \frac{0,0508^2 \cdot 314}{1,789 \cdot 10^{-6}} = 452946; \quad \sqrt[5]{R_e} = \sqrt[5]{452946} = 13,527.$$

$$C_f = \frac{0,0465}{\sqrt[5]{R_e}} = \frac{0,0465}{13,527} = 0,00337.$$

$$P_{\text{диск}} = 19,6 \cdot C_f \cdot \rho_{\text{вод}} \cdot R_{\text{рот}}^5 \cdot \omega^3 = 19,6 \cdot 0,00337 \cdot 101,9638 \cdot 0,0508^5 \cdot 314^3 = 70,56 \text{ Вт.}$$

$$P_{\text{цилинд}} = \pi \cdot \lambda \cdot l_{\text{рот}} \cdot \rho_{\text{вод}} \cdot R_{\text{рот}}^4 \cdot \omega^3 \cdot g = 3,14 \cdot 0,018 \cdot 0,118 \cdot 101,9638 \cdot 0,0508^4 \cdot 314^3 \cdot 9,81 =$$

$$= 1374 \text{ Вт.}$$

Температура воды на выходе турбины с достаточной точностью может быть определена по формуле:

$$t_{\text{воды}} = \frac{P_{\text{гильзы стат.}} + P_{\text{цилинд}} + P_{\text{диск}}}{Q_{\text{турб}} \cdot \gamma_c},$$

где  $Q_{\text{турб}}$  – расход турбины, кг/сек;  $\gamma_c$  – удельное теплосодержание воды на единицу объема,  $\gamma_c=4190$  Дж/м<sup>3</sup> град; 1 кВт час = 3600000 Дж, тогда

$$t_{\text{воды}} \cdot \text{час} = \frac{(P_{\text{Гильзы стат.}} + P_{\text{цилинд}} + P_{\text{диск}}) \cdot \text{час}}{Q_{\text{турб}} \cdot \gamma_c} =$$

$$= \frac{(P_{\text{Гильзы стат.}} + P_{\text{цилинд}} + P_{\text{диск}}) \cdot 3600000 \text{ Дж}}{Q_{\text{турб}} \cdot \gamma_c},$$

$$t_{\text{воды}} \cdot 3600 \text{ сек} = \frac{(P_{\text{Гильзы стат.}} + P_{\text{цилинд}} + P_{\text{диск}}) \cdot 3600000 \text{ Дж}}{Q_{\text{турб}} \cdot \gamma_c}, \text{ или}$$

$$t_{\text{воды}} = \frac{(P_{\text{Гильзы стат.}} + P_{\text{цилинд}} + P_{\text{диск}}) \cdot 1000 \cdot \text{Дж}}{Q_{\text{турб}} \cdot \gamma_c \cdot \text{сек}}.$$

Для определения расхода воды через турбину  $Q_{\text{турб}}$  воспользуемся расчетной схемой, приведенной на рисунке 4.

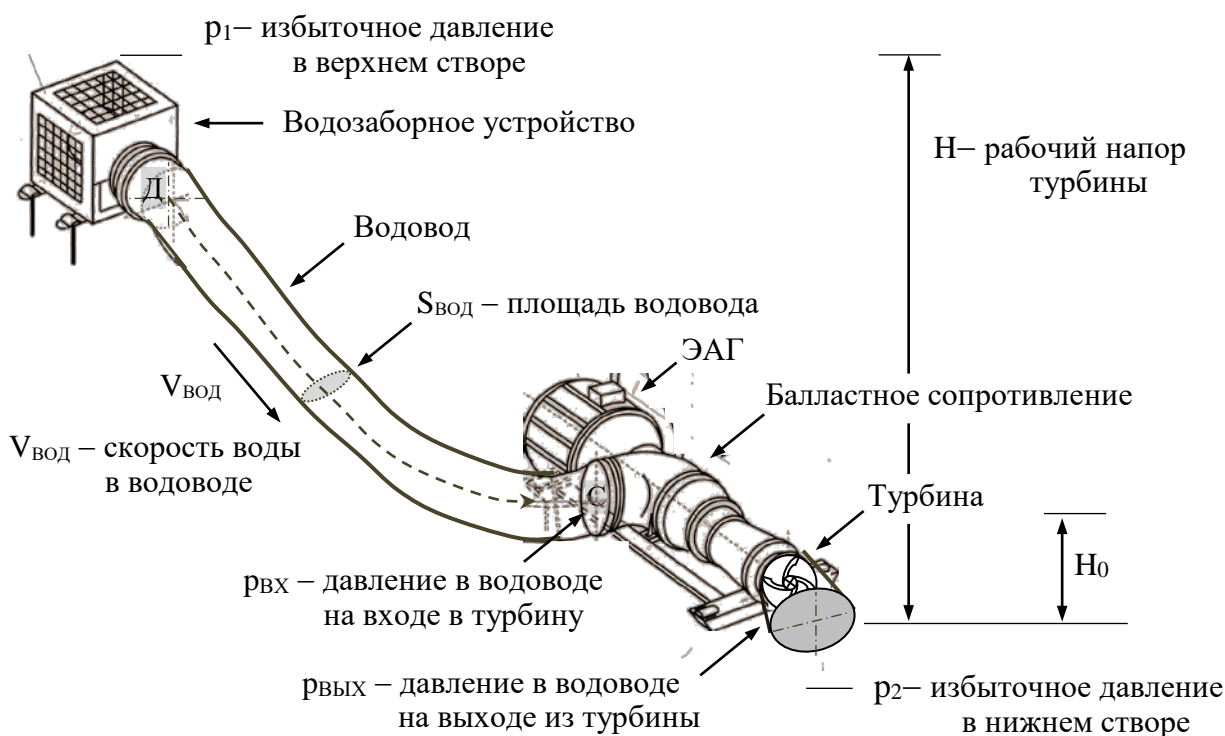


Рис. 4. Расчетная схема микроГЭС с ЭАГ и напорным водоводом

**Результаты исследований.** Натурные испытания микроГЭС проводились в 7 км от пос. Тальники (Иркутская область), где река Малая Белая имеет следующие гидрологические характеристики: уклон реки –  $i=6,8\%$ ; скорость течения реки –  $V_{\text{РЕКИ}}=1,4$  м/сек; глубина реки в месте установки водозаборного устройства –  $h_{\text{РЕКИ}}=2,0$  м.

Эквивалентный диаметр реки  $D_{\text{РЕКИ}}$  примем равным глубине реки в месте установки водозаборного устройства:  $D_{\text{РЕКИ}} = h_{\text{РЕКИ}} = 2,0$  м. Величина  $D_{\text{РЕКИ}}$  больше внутреннего диаметра трубы в 10 раз:  $k = D_{\text{РЕКИ}} / D_{\text{ТРУБ}} = 2000/200 = 10$ .

Определим скорость воды в трубе [11]:

$$V_{\text{вод.тр.}} = \frac{V_{\text{реки}}}{\sqrt[3]{k}} = \frac{1,4}{\sqrt[3]{10}} = 0,65 \text{ м/сек.}$$

Определим скорость воды на стороне всасывающего патрубка турбины:

$$V_{\text{вод.}(\text{гс.})} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H^2}{L} + v_{\text{вод.тр.}}^2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 6,8^2}{100} + 0,65^2} = 3,08 \text{ м/сек}$$

Вычисляем расход воды в патрубке:

$$Q = 0,25 \cdot V_{\text{вод.}(\text{гс.})} \cdot \pi \cdot D_{\text{вн.водов.}}^2 = 0,25 \cdot 3,08 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2 = 0,096712 \text{ м}^3/\text{с}$$

Коэффициент эффективности открытия водовода равен:

$$k_{\text{эф}} = S_{\text{вод}} = 0,25 \cdot \pi \cdot D_{\text{вн.водов.}}^2 = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2 = 0,0314 \text{ м}^2$$

Пусть  $k_{\text{эф}}' = 0,32 \cdot S_{\text{вод}}$ , тогда скорость воды в патрубке:

$$V_{\text{вод.}(\text{гс.})}^{k_{\text{эф}}} = \frac{V_{\text{вод.}(\text{гс.})} \cdot k_{\text{эф}}'}{S_{\text{вод}}} = \frac{V_{\text{вод.}(\text{гс.})} \cdot 0,32 \cdot S_{\text{вод}}}{S_{\text{вод}}} = 3,08 \cdot 0,32 = 0,9856 \text{ м/сек}$$

Вычислим расход:

$$Q' = Q_{\text{турб}} = k_{\text{эф}} \cdot V_{\text{вод.}(\text{гс.})}^{k_{\text{эф}}} = 0,0314 \cdot 0,9856 = 0,0309 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Определим мощность турбины [4]:

$$P_{\text{турб}} = \frac{L \cdot \rho}{2 \cdot H} \cdot \left[ \left( \frac{V_{\text{вод.}(\text{гс.})}^{k_{\text{эф}}}}{0,32} \right)^2 - V_{\text{вод.тр.}}^2 \right] \cdot S_{\text{вод}} \cdot \frac{V_{\text{вод.}(\text{гс.})}^{k_{\text{эф}}}}{k_{\text{эф}}'} =$$

$$= \frac{100 \cdot 1000}{2 \cdot 6,8} \cdot \left[ \left( \frac{0,9856}{0,32} \right)^2 - 0,65^2 \right] \cdot 0,0314 \cdot \frac{0,9856}{0,32} = 6,4 \text{ кВт}$$

Определим электромагнитную мощность генератора с учетом гидравлического к.п.д. турбины  $\eta_{\text{ГТ}}$  в виде:  $P_{\text{ЭЛМАГ.ЭАГ}} = P_{\text{ТУРБ}} \cdot \eta_{\text{ГТ}} = 6,4 \cdot 0,64 = 4,1 \text{ кВт}$ .

С учетом приведенных ранее соотношений вычислим температуру воды на выходе из турбины [10]:

$$t_{\text{воды}} = \frac{(P_{\text{Гильзы стат.}} + P_{\text{цилинд}} + P_{\text{диск}}) \cdot 10^3 \cdot \text{Дж}}{Q_{\text{турб}} \cdot \gamma_c \cdot \text{сек}} = \frac{(1,76 + 1,374 + 0,071) \cdot 10^3 \cdot \text{Дж} \cdot \text{сек} \cdot \text{м}^3}{0,0309 \text{ м}^3 \cdot 4190 \cdot \text{Дж} \cdot \text{сек}} \approx 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Если принять во внимание, что мощность ТЭНов равна 4,5 кВт, то при  $t_{\text{воды}} = 25^\circ\text{C}$  и предварительно выбранных по площади подводящих и отводящих патрубках балластной нагрузки таких, что через нее обеспечивается расход воды 4 л/мин, получим температуру горячей воды на выходе порядка  $41^\circ\text{C}$ . Горячая вода с такой температурой может при необходимости напрямую использоваться для коммунально-бытовых нужд без дополнительного подогрева.

**Выводы.** 1. На примере центробежного насоса с асинхронным экранированным электродвигателем доказана практическая возможность его работы в обратном режиме в качестве турбины в составе микроГЭС, с целью преобразования энергии направленного водяного потока в электрическую и механическую энергии для нужд потребления.

2. Приведен алгоритм управления активной мощностью в системе генератор–нагрузка, соответствующая ему блок-схема двухканального регулирования активной мощности и практическая реализация двухканального регулирования в виде электрической схемы блока регулятора напряжения с функцией компенсации реактивной мощности нагрузки.

3. Для предложенного уравнения теплового баланса рассчитаны потери в отдельных частях конструкции экранированного асинхронного двигателя, включая потери на трение вращающихся в жидкости поверхностей.

4. Рассчитана температура воды в балластной нагрузке за счет прямого и косвенного нагрева в элементах конструкции генератора, порядок которой позволяет говорить о дальнейшем использовании теплоносителя для нужд потребления.

#### Литература

1. **Ясинский В.А., Мироненков А.П., Сарсембеков Т.Т.** Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ. – Алматы: Евразийский банк развития, 2011. – 34 с.
2. **Методика** определения потребности в средствах электроснабжения для социального развития села (протокол Министерства сельского хозяйства РФ от 27 декабря 2001 г. № 41).
3. **Черных А.Г., Бондаренко А.В.** Применение центробежных химических герметичных насосов в установках МикроГЭС для обеспечения коммунально-бытовых нужд населения в сельской местности / Materials of the international research and practical conference «News of science and education». – Sheffield UK, 2017. – Volume10. – С.14-20.
4. **Магомедов А-Н.Д., Таран В.В.** Эффективность использования энергии в сельском хозяйстве России: проблемы и возможности // АПК: экономика, управление. – 2009. – № 6. – С. 55-62.
5. **Вишневецкий Н.Е., Глуханов Н.П., Ковалев И.С.** Аппаратура высокого давления с герметическим приводом. – 2-е изд., исправ. и доп.– М.– Л.: Машгиз, 1960. – 247 с.
6. **Черных А.Г.** Гидравлический расчет установки МикроГЭС на базе центробежного насоса с экранированным асинхронным двигателем // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 44. – С. 261-269.
7. **Щавелев Д.С. Губин М.Ф., Куперман В.Л., Федоров М.П.** Экономика гидротехнического и водохозяйственного строительства: учеб. для гидротехн. спец. вузов. – М.: Стройиздат, 1986. – 422 с.
8. **Лукутин Б.В., Гиндина А.Ю.** Стабилизация частоты вращения гидроэлектроагрегата с помощью электромеханического балласта // Использование возобновляемых источников энергии в Киргизии: сб. ст. – Фрунзе: Илим, 1988. – С.68-74.
9. **Свидетельство №2011610171** Российская Федерация. Расчет параметров и характеристик экранированного асинхронного электродвигателя / Черных А.Г., Иванов А.Г., Бондаренко А.В.; заявитель и патентообладатель Иркутская государственная сельскохозяйственная академия (RU); заявл. 22.10.2010; опублик. 11.01.2011. Реестр программ для ЭВМ.
10. **Петров А.Г.** Аналитическая гидродинамика. – М.: Физматлит, 2009. – 518 с.
11. **Карелин В.Я., Кривченко Г.И.** Гидроэлектрические станции: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 446 с.

#### Literatura

1. **YAsinskij V.A., Mironenkov A.P., Sarsembekov T.T.** Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya maloj gidroenergetiki v stranah SNG. – Almaty: Evrazijskij bank razvitiya, 2011. – 34 s.
2. **Metodika** opredeleniya potrebnosti v sredstvakh elektrosnabzheniya dlya social'nogo razvitiya sela (protokol Ministerstva sel'skogo hozyajstva RF ot 27 dekabrya 2001 g. № 41).
3. **CHernyh A.G., Bondarenko A.V.** Primenenie centrobezhnyh himicheskikh germetichnyh nasosov v ustanovkah MikroGES dlya obespecheniya kommunal'no-bytovykh nuzhd naseleniya v sel'skoj mestnosti / Materials of the international research and practical conference «News of science and education». – Sheffield UK, 2017. – Volume10. – S.14-20.
4. **Magomedov A-N.D., Taran V.V.** Effektivnost' ispol'zovaniya energii v sel'skom hozyajstve Rossii: problemy i vozmozhnosti // APK: ekonomika, upravlenie. – 2009. – № 6. – S. 55-62.
5. **Vishnevskij N.E., Gluhanov N.P., Kovalev I.S.** Apparatura vysokogo davleniya s germeticheskim privodom. – 2-e izd., isprav. i dop.– M.– L.: Mashgiz, 1960. – 247 s.

6. **СЧерных А.Г.** Gidravlicheskiy raschet ustanovki MikroGES na baze centrobezhnogo nasosa s ekranirovannym asinhronnym dvigatelem // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 44. – S. 261-269.
7. **SHCHavelev D.S., Gubin M.F., Kuperman V.L., Fedorov M.P.** Ekonomika gidrotekhnicheskogo i vodohozyajstvennogo stroitel'stva: ucheb. dlya gidrotekhn. spec. vuzov. – M.: Strojizdat, 1986. – 422 s.
8. **Lukutin B.V., Gindina A.YU.** Stabilizaciya chastoty vrashcheniya gidroelektroagregata s pomoshch'yu elektromekhanicheskogo ballasta // Ispol'zovanie vozobnovlyaemyh istochnikov energii v Kirgizii: sb. st. – Frunze: Ilim, 1988. – S.68-74.
9. **Svidetel'stvo №2011610171** Rossijskaya Federaciya. Raschet parametrov i harakteristik ekranirovannogo asinhronnogo elektrodvigatelya / СЧерных А.Г., Ivanov A.G., Bondarenko A.V.; zayavitel' i patentoobladatel' Irkutskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya (RU); zayavl. 22.10.2010; opubl. 11.01.2011. Reestr programm dlya EVM.
10. **Petrov A.G.** Analiticheskaya gidrodinamika. – M.: Fizmatlit, 200. – 518 s.
11. **Karelin V.YA., Krivchenko G.I.** Hidroelektricheskie stancii: uchebnik dlya vuzov. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Energoatomizdat, 1987. – 446 s.

УДК 620

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14157

Доктор техн. наук, проф. **М.И. ЧЕБОТАРЕВ**  
 (Кубанский ГАУ, mikhail.chebotarev.2017@mail.ru)  
 Доцент **П.М. ХАРЧЕНКО**  
 (Кубанский ГАУ, 1960324@mail.ru)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ И ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ БЕНЗИНОВЫХ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ

Вопросы обеспечения надёжности, экономичности и экологической безопасности мобильной техники являются актуальным для многих отраслей народного хозяйства, где такая техника находит применение. Поэтому решение указанных вопросов путём выбора топлива оптимального качества представляет неизменный интерес для сельскохозяйственного производства. Автомобильный транспорт широко используется в сельскохозяйственном производстве, в достаточно сложных условиях. Движение транспорта осуществляется на вывозе с полей урожая в сложных дорожных условиях, не имея, как правило, твёрдого покрытия. В настоящее время 6275 автомашин с бензиновыми двигателями работают в Краснодарском крае, поэтому повышение их эксплуатационных показателей, таких как ресурс работы, топливная экономичность и экологическая безопасность, имеют высокую актуальность.

**Целью данного исследования** является создание экспериментальной установки для исследования плотности и давления насыщенных паров бензиновых нефтяных фракций.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В ходе исследований было рассмотрено следующее оборудование.

*Принципиальная схема установки (рис. 1).*

Пьезометр 1 расположен в жидкостном термостате 2. Внутри пьезометра находится мешалка с приводом от соленоида и образцовый платиновый термометр сопротивления. В качестве теплоносителя использовалась кремнийорганическая жидкость МПС-100, позволяющая работать при температурах от 20 до 320°C [1]. Перемешивание теплоносителя в термостате осуществляется мешалкой 3, охлаждение – с помощью холодильника 4. Трубчатый нагреватель 5 используется в качестве регулирующего. Вокруг обечайки термостата намотаны два основных нагревателя 6 [2].

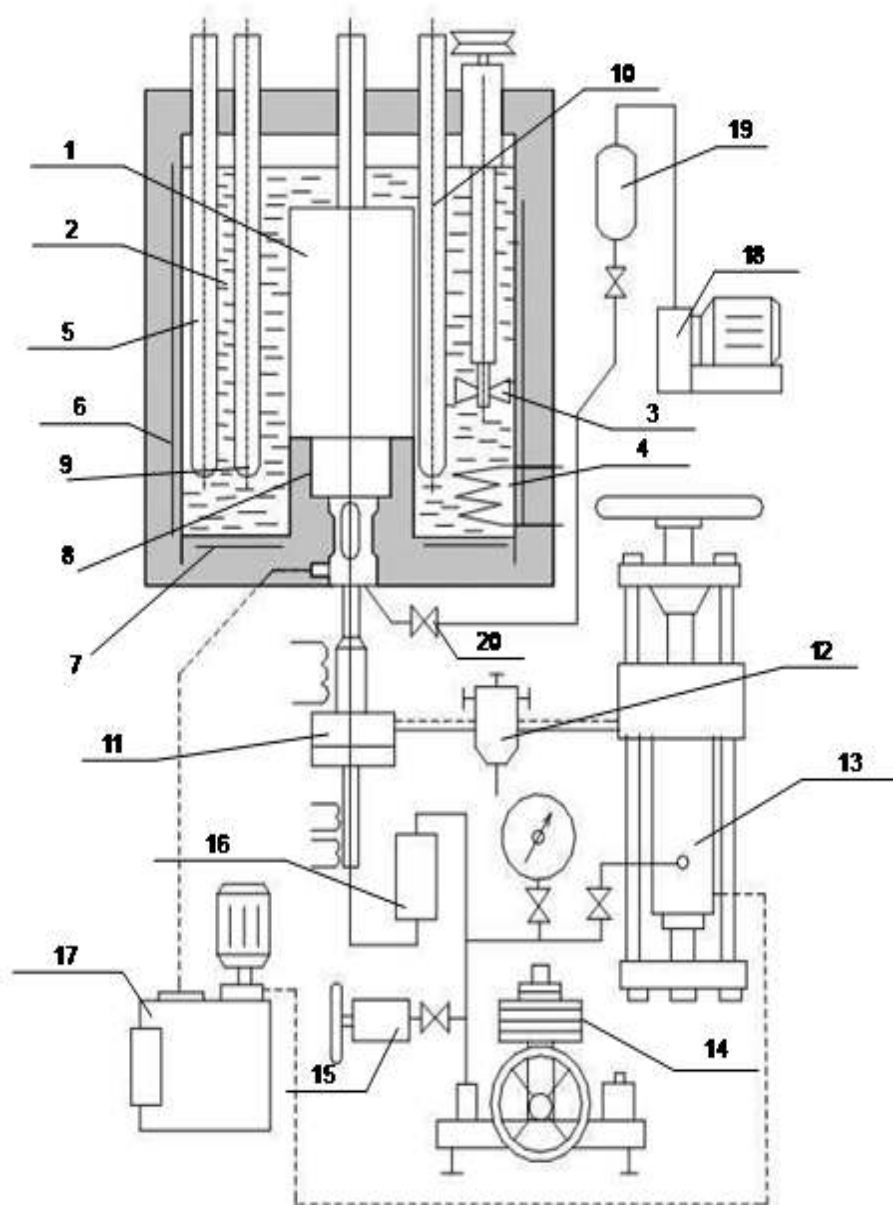


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

В днище термостата расположен нагреватель 7. Для предотвращения оттоков тепла от пьезометра служит охранный нагреватель 8, намотанный на стойке пьезометра. Наружная поверхность термостата теплоизолирована слоем базальтовой ваты [3].

Постоянная температура в термостате поддерживается с помощью системы автоматического регулирования, датчиком которой является регулирующий платиновый термометр сопротивления 9 [4]. Измерение температуры в термостате осуществляется образцовым платиновым термометром сопротивления 10, типа ПТС-1 1 разряда по компенсационной схеме с использованием потенциометра Р 363-2 класса 0,002 [5].

Пьезометр через капилляры сообщается с мембранным разделителем 11, являющимся нуль-индикатором системы измерения давления, вентилем-распределителем 12 и объёмомером 13 [6].

Для отделения масла грузопоршневого манометра от воды, используемой в качестве рабочей жидкости в нуль-индикаторе, установлен разделитель 16. Температура объёмомера, вентилем-распределителя, нуль-индикатора и всех коммуникаций поддерживается постоянной за счёт циркуляции воды из термостата 17 [7].

Для вакуумирования и заполнения пьезометра исследуемым веществом служат: вакуумный насос 18, расширительный сосуд 19 и вентиль 20.

Созданная экспериментальная установка позволяет проводить измерения плотности бензиновых нефтяных фракций в диапазоне давлений от 0,03 до 30 МПа при температурах 20–320°C и давления насыщенных паров по статическому методу и методу изучения изотерм.

#### *Элементы конструкции установки*

Общая схема пьезометра и термостата представлена на рис. 2. Цилиндрический пьезометр 1 объёмом 110 см<sup>3</sup> изготовлен из жаропрочной нержавеющей стали. Внутри пьезометра в специальном кармане 2 расположен образцовый платиновый термометр сопротивления ПТС-10 класса 0,02 с номинальным сопротивлением 10 Ом. Для перемешивания исследуемого вещества служит секционная падающая мешалка 3 с электромагнитным приводом, изготовленная из нержавеющей фольги. Капилляры 4 и 5 используются при промывке полости пьезометра и заполнения его исследуемым продуктом. Пьезометр помещается в жидкостный термостат 6. В качестве теплоносителя применена кремнийорганическая жидкость ПМС-100, позволяющая работать при температурах от 293 К до 600 К. Для обеспечения контроля за температурой термостата служит второй образцовый платиновый термометр сопротивления 7, а для регулирования температуры – регулирующий платиновый термометр 8, типа ТСП-10, сопротивлением 46 Ом. Перемешивание теплоносителя в термостате осуществляется мешалкой 9, а охлаждение – с помощью холодильника 10. Трубчатый нагреватель 11, мощностью 0,2 кВт, используется в качестве регулирующего. Вокруг обечайки намотаны основные нагреватели 12 и 13, мощностью 1 кВт каждый.

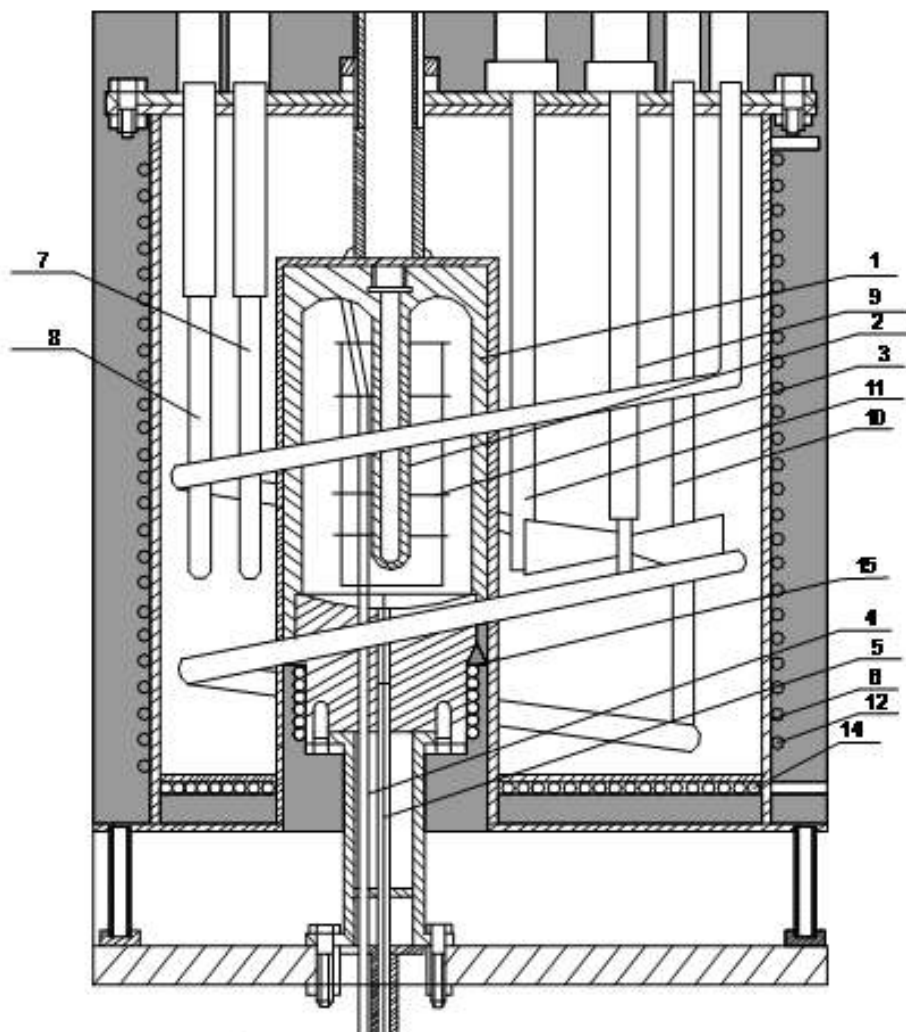


Рис.2. Схема пьезометра и термостата



В нижней части термостата расположен нагреватель 14 мощностью 0,5 кВт. Для предотвращения оттоков тепла с нижней части пьезометра служит нагреватель 15 мощностью 0,2 кВт. Наружная поверхность термостата теплоизолирована слоем базальтовой ваты.

Постоянная температура в термостате поддерживалась с помощью системы автоматического регулирования, датчиком которой являлся термометр 8. При изменении температуры в термостате сигнал разбаланса моста поступал на фотоусилитель Ф-116, где усиливался и подавался в цепь управления тиристорного регулятора температуры. Измерение температуры осуществлялось по компенсационной схеме с использованием потенциометра Р 363-2 класса 0,002 и образцовой катушки Р 331 1 класса. Колебание температуры в термостате не превышало 0,02 К.

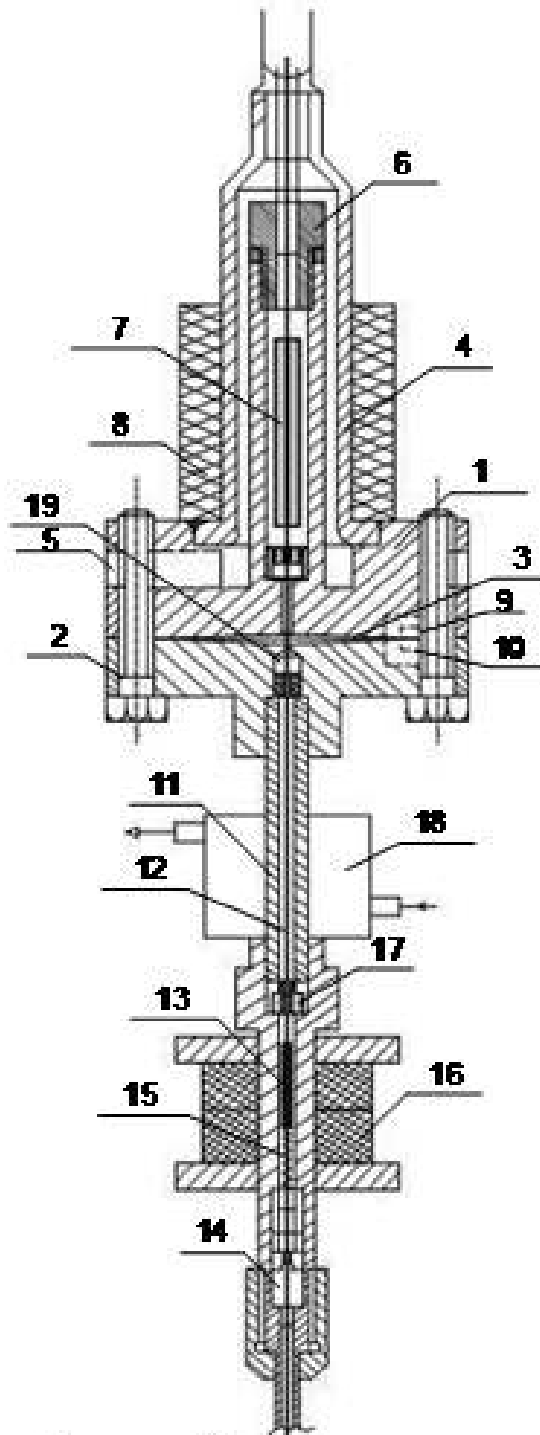


Рис. 3. Схема мембранного разделителя

В качестве нуль-индикатора в установке использован мембранный разделитель (рис. 3) [2]. Основным элементом конструкции разделителя являются фланцы 1 и 2, между которыми зажата мембрана 3, изготовленная из нержавеющей фольги, толщиной 0,15 мм, диаметром 3,5 см. Сверху на корпус разделителя припаяна термостатирующая рубашка 4. В корпусе предусмотрено отверстие 5 для подачи воды из термостата. В винте 6 предусмотрено отверстие для впайки рабочего капилляра, идущего от пьезометра. В верхней части разделителя находится сердечник 7 привода секционной падающей мешалки, который приводится в движение от соленоида 8. Во фланце 1 имеется отверстие 9, соединяющее систему заполнения подмембранного пространства с атмосферой при поверке нулевого положения мембраны. Снизу во фланец 2 впаяна трубка 11, внутри которой находится шток 12 с ферритовым сердечником 13 на конце. Винт 14 и пружинка 15 служат для регулировки положения штока 12. Перемещение сердечника таким образом идентично перемещению мембраны. Это перемещение фиксируется цифровым вольтметром через дифференциально трансформаторную связь посредством соленоида 16. Направляющая втулка 17 служит для центровки штока 12. Чтобы исключить воздействие высоких температур на соленоид 16, использован водяной холодильник проточного типа 18. Во фланцах 1 и 2 предусмотрены отверстия 19 диаметром  $d = 0,5$  мм, выполненные в виде гексогональной решётки. Они служат для подведения жидкости в под- и надмембранное пространство и увеличения одностороннего перепада давления на мембрану. Допустимый односторонний перепад давления составляет 10 МПа. Чувствительность мембранного разделителя составляет 100 Па. На данный разделитель получен патент РФ.

**Выводы.** Таким образом можно сделать следующие выводы:

1. Разгонку фракций необходимо производить при нормальных условиях в соответствии с показателем преломления, плотностью, молекулярной массой, среднеобъемной температурой кипения, содержанием парафинов и нафтенов, содержанием ароматических углеводородов.
2. В процессе эксплуатации и ремонта бензиновые двигатели значительно дешевле дизельных, что позволяет экономить средства на ремонтно-эксплуатационные работы.
3. В связи с тем что использование дизельного топлива дороже бензинового, то более выгодно сельхозпредприятиям использовать в качестве технологического транспорта автомобили с двигателями, работающими на бензине, что обеспечит снижение затрат на производство продукции и повышение её конкурентоспособности.

#### Литература

1. Харченко П.М., Тимофеев В.П., Чижов Д.С. Методы исследования давления насыщенных паров и экспериментальные установки // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – №106 (02).
2. А.с. СССР. Устройство для измерения давления/ П. М. Харченко (СССР). – №1413455; заявл. 26.02.86; опубл. 1.04.88.
3. Христинченко В., Блосинский Н. Экспериментальные установки и методы исследования плотности и ДНП промышленных сточных вод // Известия Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 37. – С. 238-242.
4. Тимофеев В. Определение критических параметров нефтяных фракций // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – С. 973-982.
5. Чижов Д. Методы исследования давления насыщенных паров и экспериментальные установки // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 106. – С.1000-1012.
6. Чижов Д. Построение экспериментальной установки для исследования плотности и давления нефтепродуктов с насыщенным паром (dnp) // Политематический сетевой

электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 107. – С.779-792.

7. **Харченко П.М., Тимофеев В.П.** Исследование плотности и давления насыщенных пород нефтяных фракций // Труды КубГАУ. – 2012. – Т1. – №39. – С. 140 – 142.

#### L i t e r a t u r a

1. **Harchenko P.M., Timofeev V.P., CHizhov D.S.** Metody issledovaniya davleniya nasyschennyh parov i eksperimental'nye ustanovki // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2014. – №106(02).
2. A.s. SSSR. Ustrojstvo dlya izmereniya davleniya/ P. M. Harchenko (SSSR). – №1413455; zayavl. 26.02.86; opubl. 1.04.88.
3. **Hristichenko V., Blosinskij N.** Eksperimental'nye ustanovki i metody issledovaniya plotnosti i DNP promyshlennyh stochnyh vod // Izvestiya Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 37. – S. 238-242.
4. **Timofeev V.** Opredelenie kriticheskikh parametrov neftyanyh frakcij // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – S. 973-982.
5. **CHizhov D.** Metody issledovaniya davleniya nasyschennyh parov i eksperimental'nye ustanovki // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 106. – S.1000-1012.
6. **CHizhov D.** Postroenie eksperimental'noj ustanovki dlya issledovaniya plotnosti i davleniya nefteproduktov s nasyschennym parom (dnp) // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 107. – S.779-792.
7. **Harchenko P.M., Timofeev V.P.** Issledovanie plotnosti i davleniya nasyschennyh porod neftyanyh frakcij // Trudy KubGAU. – 2012. – Т1. – №39. – S. 140 – 142.

УДК 620.193.4

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14162

Доктор техн. наук, проф. **А.П. КАРТОШКИН**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, akartoshkin@yandex.ru)  
Аспирант **А.Н. СПИРИДОНОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, angspiridonova@yandex.ru)

### **КОРРОЗИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ НА МЕТАЛЛЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Необходимым условием оптимальной работы ДВС является своевременный и эффективный отвод тепла от его нагретых участков. Эту функцию выполняет система охлаждения, а именно находящаяся в ней охлаждающая жидкость, обладающая высокой теплоемкостью и теплопередачей. В качестве охлаждающей жидкости используют антифризы. Антифриз в Российской Федерации должен соответствовать требованиям ГОСТ 28084-89 «Жидкости охлаждающие низкотемпературные» [1]. В процессе эксплуатации происходит изменение физико-химических свойств жидкости, старение, засорение механическими примесями, срабатывание присадок, вследствие чего увеличивается коррозионное воздействие охлаждающей жидкости на металлы системы охлаждения [2].

**Цель исследования** – определить коррозионное воздействие охлаждающей жидкости на металлы системы охлаждения.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Выбрать метод определения коррозионного воздействия, при необходимости усовершенствовать его для охлаждающих жидкостей.

2. Провести сравнительную оценку коррозионного воздействия охлаждающих жидкостей, свежей и отработанной.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Объектом исследования является отработанная охлаждающая жидкость и её воздействие на металлы.

Для оценки коррозионного воздействия принят метод Пинкевича [3]. Так как этот метод предполагает оценку коррозионности смазочных масел, было принято решение усовершенствовать его для исследования охлаждающих жидкостей.

В методику определения коррозионного воздействия были внесены следующие корректировки для охлаждающих жидкостей:

1. Температура термостата равна 40-50°C.
2. Остановка аппарата АП-1 через каждые 10 часов работы.
3. Выдержка с доступом кислорода воздуха в течение 10 часов.
4. Компенсация испарившейся охлаждающей жидкости.

Охлаждающие жидкости работают при переменных температурах в условиях контактирования с катализаторами. Катализаторами окисления являются такие металлы, как медь, алюминий, сталь, оловянный припой [4].

Коррозионную агрессивность оценивают по скорости коррозионного воздействия жидкости на металлы в стандартных условиях. Измеряют в коррозионных потерях металла, г/м<sup>2</sup>·сутки. На скорость коррозии влияют состав металла, его структура, внутреннее напряжение, состояние поверхности.

О сложном механизме коррозионных процессов свидетельствует характер коррозионных разрушений (рис. 1).

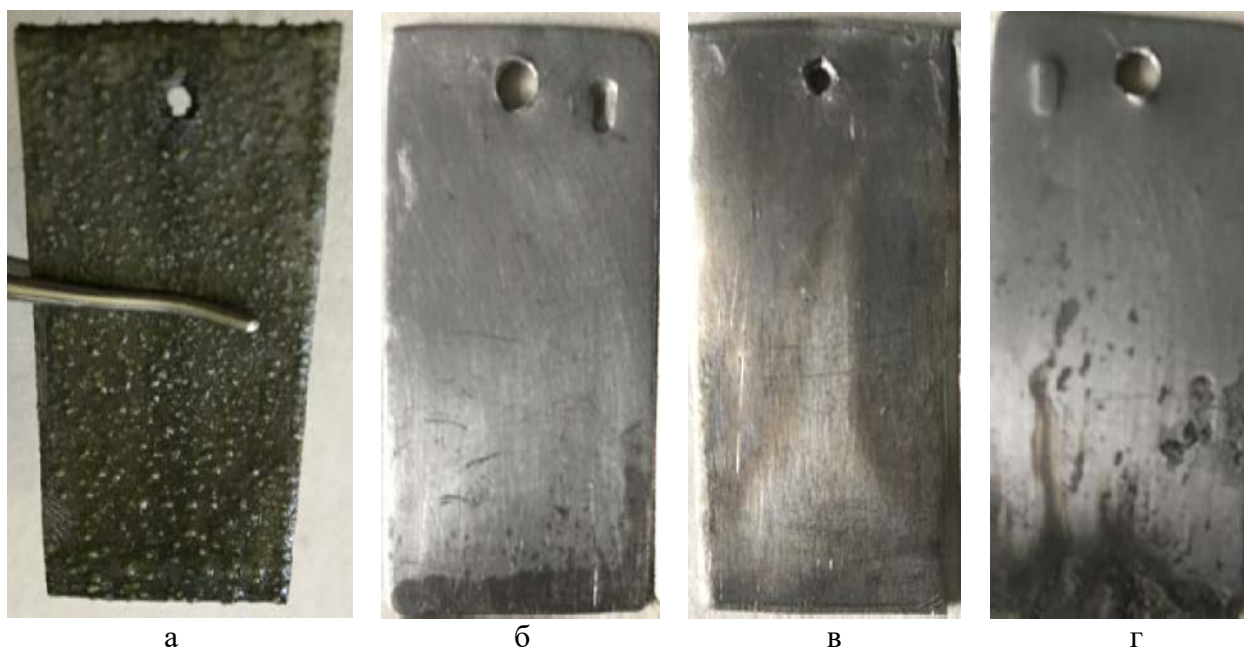


Рис. 1. Характер коррозионных разрушений:  
Сплошная коррозия: а – равномерная, б – неравномерная  
Местная коррозия: в – пятнами, г – язвами

**Результаты исследований.** Для экспериментальных исследований было выбрано 6 образцов отработанной жидкости и для сравнительной оценки – 2 образца свежей охлаждающей жидкости (Держинский и UNOCAL) (табл.). Пробы были слиты с разных автомобилей с разным пробегом.

Коррозионное воздействие отработанной охлаждающей жидкости на металлическую пластинку представлено на рис. 2.

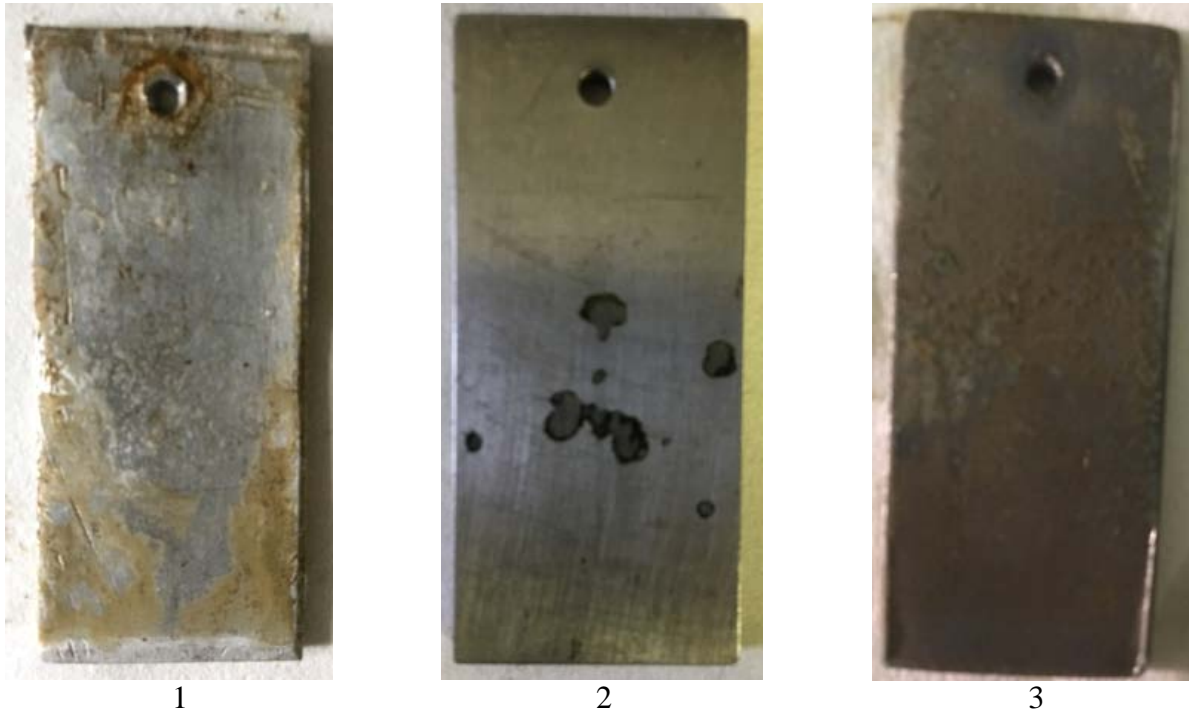


Рис. 2. Коррозионное воздействие отработанной охлаждающей жидкости:  
1 – алюминий, 2 – сталь, 3 – олово

Из рис.2 можно наблюдать видимые образования коррозионных очагов на металлических пластинах, находившихся в отработанной охлаждающей жидкости, что свидетельствует о начале коррозионных процессов. Увеличение скорости коррозионного воздействия связано с уменьшением или отсутствием в охлаждающих жидкостях антикоррозионных присадок.

В реальных условиях скорость коррозии системы охлаждения двигателя изменяется по сложным зависимостям в связи с нестационарностью процессов тепломассообмена [5].

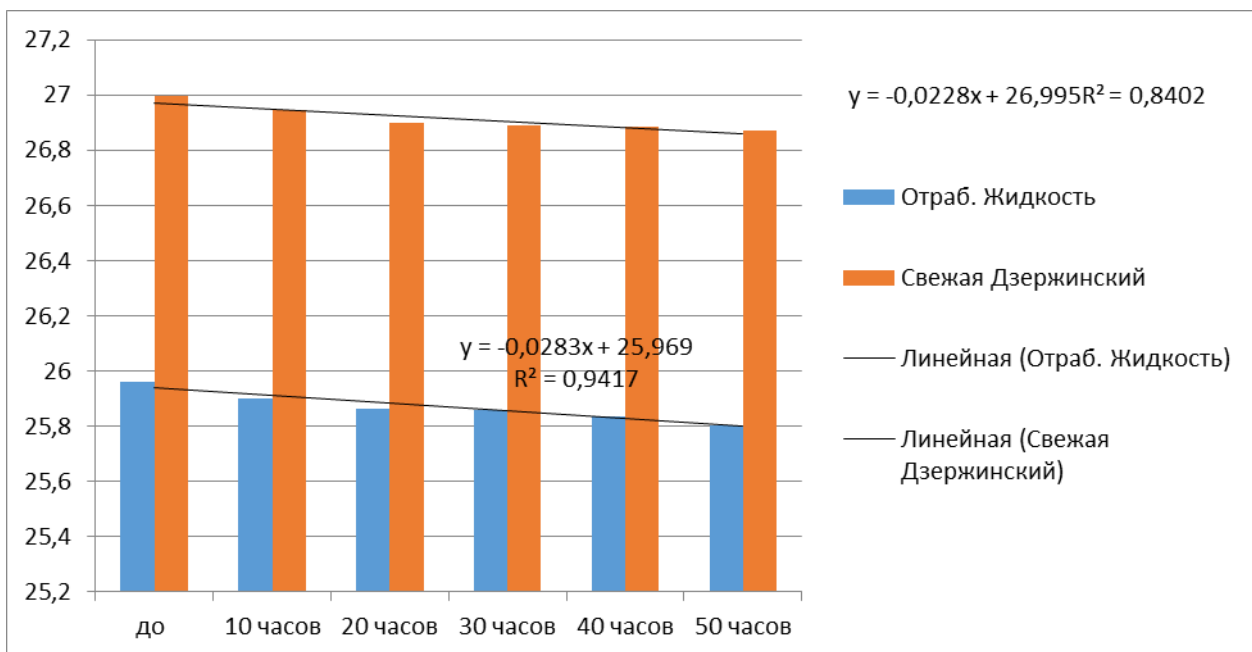


Рис. 3. График снижения массы пластины в процессе испытания в охлаждающих жидкостях

Масса металлической пластины в отработанной жидкости (рис.3) снизилась на 0,156 г, а пластина в свежей охлаждающей жидкости – на 0,124 г, разница изменения масс металлической пластины составила 0,032 г.

Согласно пленочной теории пассивное состояние металла при добавлении в охлаждающую жидкость ингибиторов коррозии происходит за счет образования многослойной пленки продуктом взаимодействия активных компонентов присадки с металлом в результате адсорбции поверхностно-активных веществ на поверхность металла [5].

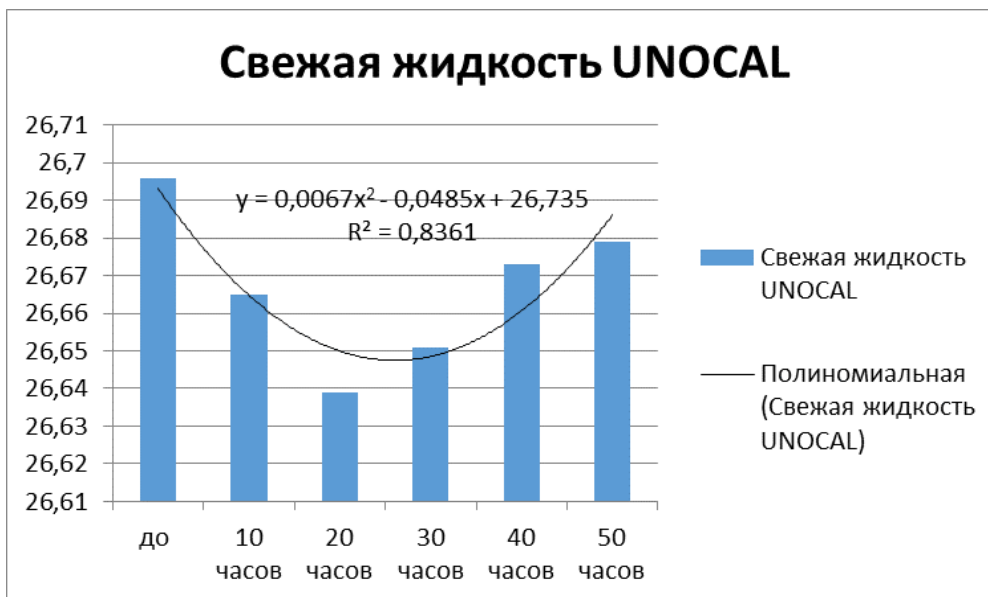


Рис. 4. График изменения массы металлической пластины (олово) в процессе испытания

В процессе нахождения пластины в охлаждающей жидкости происходит снижение массы металлической пластины, связанное с химической коррозией металла и охлаждающей жидкости, а затем увеличение массы металлической пластины, за счёт перехода металла в пассивное состояние и образования мономолекулярного адсорбционного слоя.

Возможность перехода металла в пассивное состояние зависит от величины окислительно-восстановительного потенциала и концентрации окислителя в растворе [6].

Когда величина окислительно-восстановительного потенциала среды меньше первого критического потенциала, при котором происходит пассивация металла, будет реализовано только активное состояние (рис.3). Если значение окислительно-восстановительного потенциала превышает потенциал пассивации, могут быть реализованы активное и пассивное состояние (рис.4).

Коррозионные потери ( $г/м^2$ ) вычисляют для каждого образца металлов по формуле:

$$K = \frac{24 \times 10^6 (m_1 - m_2)}{50 \cdot 2 \cdot (la + lb + ab)},$$

где  $m_1$  – масса образца металла до испытания, г;

$m_2$  – масса образца металла после испытания, г;

$l$  – длина образца металла, мм,  $l = 45$ ;

$a$  – ширина образца металла, мм,  $a = 20$ ;

$b$  – толщина образца металла, мм,  $b = 2$ ;

$10^6$  – коэффициент перерасчета площади поверхности образца в квадратные метры.

Таблица. Результаты испытаний коррозионного воздействия исследуемых образцов охлаждающих жидкостей на металлические пластины

№ пластины, испытываемая жидкость	Потеря (привес) массы металлической пластины (50 ч), г/м <sup>2</sup>		
	припой (ПОС 40-2)	алюминий (АЛ-9)	сталь 20
№1 Свежая ОЖ UNOCAL	1,7	1,7	3
№2 Свежая ОЖ Дзержинский	124	1+	4
№3 Отработанная ОЖ (образец 1)	174	1	3
№4 Отработанная ОЖ (образец 2)	156	8	10
№5 Отработанная ОЖ (образец 3)	170	6+	6
№6 Отработанная ОЖ (образец 4)	44	1+	4
№7 Отработанная ОЖ (образец 5)	256	1,3+	3
№8 Отработанная ОЖ (образец 6)	370	1,9+	2

Знак «+» указывает на увеличение массы металлической пластины

Наибольшее коррозионное воздействие охлаждающих жидкостей приходится на припой (потеря массы 370 г/м<sup>2</sup>) системы охлаждения, независимо свежая (124 г/м<sup>2</sup>) или отработанная жидкость (174 г/м<sup>2</sup>). При воздействии на алюминий наблюдается увеличение массы пластин, связанное с образованием оксидных пленок.

Из выбранных образцов отработанной охлаждающей жидкости наиболее сильное коррозионное воздействие на припой происходит в образцах №7 и №8, на алюминий – №4 и №1, на сталь – №6 и №4.

Сравнивая результаты образцов охлаждающих жидкостей №1 и №2, можно сказать, что отечественная жидкость более коррозионно-активна, чем жидкость зарубежного производства.

**Выводы.** Для определения коррозионного воздействия охлаждающих жидкостей на металлы системы охлаждения был выбран метод Пинкевича. В метод были внесены определённые корректировки, связанные с характером работы охлаждающих жидкостей, а именно: изменение температуры термостата до 40-50°С, периодическая остановка аппарата АП-1, долив испытуемых охлаждающих жидкостей в процессе их испарения.

Испытания показали, что более коррозионно-активны отечественные жидкости, чем зарубежные. Коррозионная активность зарубежных охлаждающих жидкостей за 4 года эксплуатации практически не изменилась (образец №4). Данный вывод позволяет предполагать, что в зарубежных охлаждающих жидкостях используются высококачественные долговременные антикоррозионные присадки.

Наиболее высоким коррозионным воздействием на металлы обладают образцы №8 и №2, что объясняется длительной эксплуатацией охлаждающих жидкостей и несвоевременной их заменой.

### Литература

1. ГОСТ 28084-89 Жидкости охлаждающие низкотемпературные. Общие технические условия: сборник ГОСТов. – М.: Стандартинформ, 2007.
2. Картошкин А.П. Технологические жидкости для автотракторной техники: справочник. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 240 с.

3. **ГОСТ 20502-75** Масла и присадки к ним. Методы определения коррозионности. – М.: Издательство стандартов, 1986.
4. **Якубович А.И., Кухаренок Г.М., Тарасенко В.Е.** Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Конструкция, теория, проектирование. – Минск: БНТУ, 2011. – 436 с.
5. **Сафонов А.С., Ушаков А.И., Гришин В.В.** Химмотология горюче-смазочных материалов / НПИКЦ, 2007. – 488с.
6. **Коррозия и защита металлов:** сборник статей / ГНТИ Оборонгиз. – М., 1962. – 193с.
7. **Картошкин А.П., Спиридонова А.Н.** Анализ коррозионной активности нефтепродуктов // Молодежь и инновации: материалы XV Всерос. науч.- практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов (г. Чебоксары). – Чебоксары, 2019. – 416с.
8. **Гутман Э.М.** Механохимия металлов и защита от коррозии. – М.: Metallurgy, 1974. – 232с.
9. **Протасов С.** Антифриз. Свойства охлаждающих жидкостей разных типов для тяжелой техники. Расходники// Основные средства. – 2016. – 41с.
10. **Безюков О.К., Жуков В.А.** Охлаждающие жидкости транспортных ДВС. – СПб.: Издат-во СПГУВК, 2009. – 263с.

### Literatura

1. **GOST 28084-89** Zhidkosti ohlazhdayushchie nizkozamerzayushchie. Obshchie tekhnicheskie usloviya: sbornik GOSTov. – М.: Standartinform, 2007.
2. **Kartoshkin A.P.** Tekhnologicheskie zhidkosti dlya avtotraktornoj tekhniki: spravochnik. – М.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2012. – 240 s.
3. **GOST 20502-75** Masla i prisadki k nim. Metody opredeleniya korrozionnosti. – М.: Izdatel'stvo standartov, 1986.
4. **Yakubovich A.I., Kuharenok G.M., Tarasenko V.E.** Sistemy ohlazhdeniya dvigatelej traktorov i avtomobilej. Konstrukciya, teoriya, proektirovanie. – Minsk: BNTU, 2011. – 436s.
5. **Safonov A.S., Ushakov A.I., Grishin V.V.** Himmotologiya goryuche-smazochnyh materialov / NPIKC, 2007. – 488s.
6. **Korroziya i zashchita metallov:** sbornik statej / GNTI Oborongiz. – М., 1962. – 193s.
7. **Kartoshkin A.P., Spiridonova A.N.** Analiz korrozionnoj aktivnosti nefteproduktov // Molodezh' i innovacii: materialy XV Vseros. nauch.- prakt. konf. molodyh uchenyh, aspirantov i studentov (g. Sheboksary). – Sheboksary, 2019. – 416s.
8. **Gutman E.M.** Mekhanohimiya metallov i zashchita ot korrozii. – М.: Metallurgiya, 1974. – 232s.
9. **Protasov S.** Antifriz. Svoystva ohlazhdayushchih zhidkostej raznyh tipov dlya tyazheloj tekhniki. Raskhodniki// Osnovnye sredstva. – 2016. – 41s.
10. **Bezyukov O.K., Zhukov V.A.** Ohlazhdayushchie zhidkosti transportnyh DVS. – SPb.: Izdat-vo SPGUVK, 2009. – 263s.

УДК 621.07:377:378

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14167

Канд. техн. наук **И.О. ЧЕРНЯЕВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАСУ, chernyaev@rambler.ru)

## О НЕОБХОДИМОСТИ И МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Современный уровень конструкции автотранспортных средств, уровень информационных технологий и инструментов анализа данных позволяет говорить о существовании возможностей для отхода от систем эксплуатации техники, основанных на усреднении и статистических обобщениях, в пользу систем, в которых принятие решений о технических воздействиях осуществляется на основе учета индивидуальных данных об эксплуатации каждого объекта.



Указанные особенности современного уровня развития техники и технологий в совокупности с современными тенденциями изменения режимов и характера эксплуатации создают не только возможности, но и предпосылки для перехода к «индивидуализированным» системам эксплуатации [1].

С одной стороны, такие системы, как системы технического обслуживания по фактическому техническому состоянию, известны давно, их терминологический и математический аппарат разработан и для некоторых технических объектов они применяются [2]. Но, с другой стороны, большинство данных систем основано на периодическом контроле технического состояния с последующим принятием решений о выполнении технических воздействий. Для контроля технического состояния объект выводится из эксплуатации с определенной периодичностью. Индивидуальное формирование перечня операций по техническому обслуживанию (ТО) обеспечивает большую эффективность таких систем по сравнению с «классической» планово-предупредительной системой ТО и ремонта (Р). Однако суть при этом принципиально не изменяется – объект периодически выводится из эксплуатации и простаивает.

**Целью исследования** в связи с вышеизложенным является формирование системы технической эксплуатации автотранспортных средств на основе непрерывного контроля их технического состояния.

**Материалы, методы и объекты исследования.** При выполнении исследований использованы информационные материалы, основанные на применении известных стандартных методик, при этом объектом исследований является система технической эксплуатации автотранспортных средств.

**Результаты исследований.** Влияние времени простоя объекта для выполнения технических воздействий может быть проиллюстрировано формулой для расчета коэффициента технической готовности (КТГ)  $\alpha_T$  – общепринятого показателя, применяемого для оценки работы системы ТО и Р [3]:

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + l_{cc} V_{TB}}, \quad (1)$$

где  $l_{cc}$  – среднесуточный пробег автомобиля, км;

$V_{TB}$  – удельные простои для выполнения технических воздействий, дни/км.

Удельные простои для выполнения технических воздействий можно представить как сумму простоев для выполнения диагностических воздействий и непосредственно операций по ТО и Р:  $V_{TB} = V_D + V_{ТОиР}$ .

При одинаковом уровне надежности объектов и интенсивности эксплуатации решающую роль для увеличения КТГ играет снижение времени простоев. Для «классических» планово-предупредительных систем  $V_{TB}$  можно считать максимальным. В системах ТО и Р по фактическому техническому состоянию сохраняется  $V_D$ , и за счет индивидуального формирования для каждого объекта уменьшается  $V_{ТОиР}$ . Если принять, что  $V_{ТОиР}$  при этом может быть снижено до минимально возможного предела, то следующим шагом для совершенствования систем ТО и Р и повышения КТГ является уменьшение  $V_D$ . Причем, если под  $V_D$  понимается время, на которое объект выводится из эксплуатации для определения его технического состояния, то современный уровень развития техники и технологий позволяет снизить  $V_D$  вплоть до нуля и перейти к системам ТО и Р на основе мониторинга.

Сказанное можно проиллюстрировать графиком, показывающим зависимость КТГ от времени простоев для выполнения технических воздействий, представленным на рис. 1.

При построении графика с использованием формулы (1) принято допущение, что время для выполнения технических воздействий определяется из учета требований технологии ТО и Р и его уменьшение происходит только за счет совершенствования этой технологии, в том числе – за счет сокращения времени выполнения отдельных операций.

Таким образом, можно говорить о том, что системы ТО и Р на основе мониторинга позволяют достичь максимально возможного КТГ для объекта.

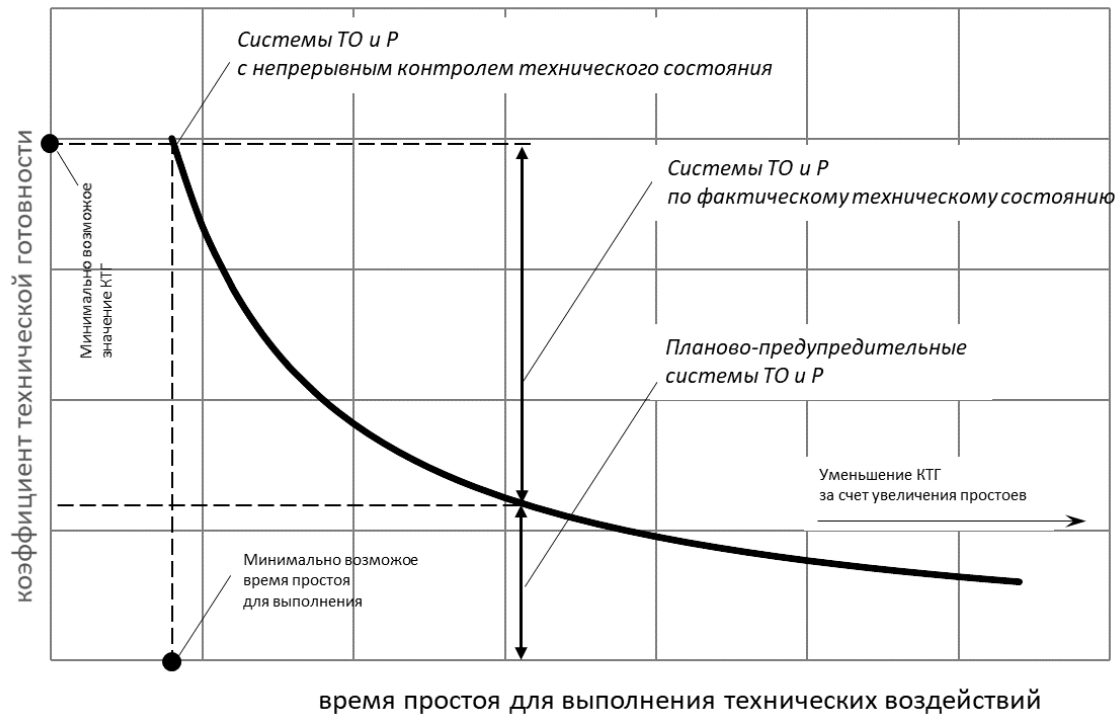


Рис. 1. Зависимость КТГ от времени простоя для выполнения технических воздействий

В настоящее время разработке элементов данных систем посвящен ряд работ [4, 5]. Но сами авторы отмечают, что термин «мониторинг» в сфере технической эксплуатации не распространен. Различные источники понимают под ним в основном систему постоянного наблюдения и регистрации параметров каких-либо процессов, результаты которых являются базой для принятия управленческих решений в дальнейшем [6]. ГОСТ Р ИСО 13372-2013 «Контроль состояния и диагностика машин. Термины и определения» определяет мониторинг как «процесс, обеспечивающий возможность определения текущей эксплуатационной готовности машин и узлов без необходимости их демонтажа или обследования» [7].

В связи с этим более корректным представляется определение системы ТО и Р, в которой решение о выполнении технических воздействий по поддержанию или восстановлению работоспособности принимается на основе постоянно получаемой информации об объекте как системы ТО и Р с непрерывным контролем технического состояния. На рис. 1 использован именно этот термин.

ГОСТ Р ИСО 13372-2013 определяет контроль (технического) состояния как «сбор и обработку данных, характеризующих техническое состояние машины в разные моменты времени» [7]. Это определение наиболее полно отражает суть процесса получения информации для принятия решений о технических воздействиях, ведь определение текущей эксплуатационной готовности (мониторинг) может подразумевать формальную информацию «готов/не готов», которой будет недостаточно для принятия решения о конкретных видах воздействий.

Определение же непрерывному контролю можно дать как контролю, обеспечивающему получение данных с такими малыми промежутками времени, в течение которых изменение параметров можно считать линейным (или можно считать, что характер изменения параметров не допускает наличие экстремумов).

Работы, в которых рассматриваются системы ТО и Р на основе мониторинга (непрерывного контроля) технического состояния, как правило, решают только одну из задач формирования таких систем – задачу принятия решений о выполнении технических воздействий. Также можно отметить, что для решения часто используется только один из методов анализа информации. На практике же требуются решения целый ряд задач:

- определение реализуемых стратегий обеспечения работоспособности;
- обоснование критериев принятия решений о выполнении технических воздействий для каждой из стратегий (на основе анализа массива методов анализа информации);
- разработка математических моделей, описывающих связь непрерывно контролируемых параметров с критериями принятия решений;
- обоснование перечней непрерывно контролируемых параметров;
- обоснование перечней видов технических воздействий и группировки операций по видам;
- коррекция методик обоснования параметров производственно-технологической инфраструктуры, необходимой и достаточной для реализации технических воздействий.

Схему решения указанного комплекса задач предложил в своих работах Е.С. Кузнецов. Однако она ориентирована на планово-предупредительную систему ТО и Р. Ее вариант для системы ТО и Р с непрерывным контролем технического состояния приведен на рис. 2.

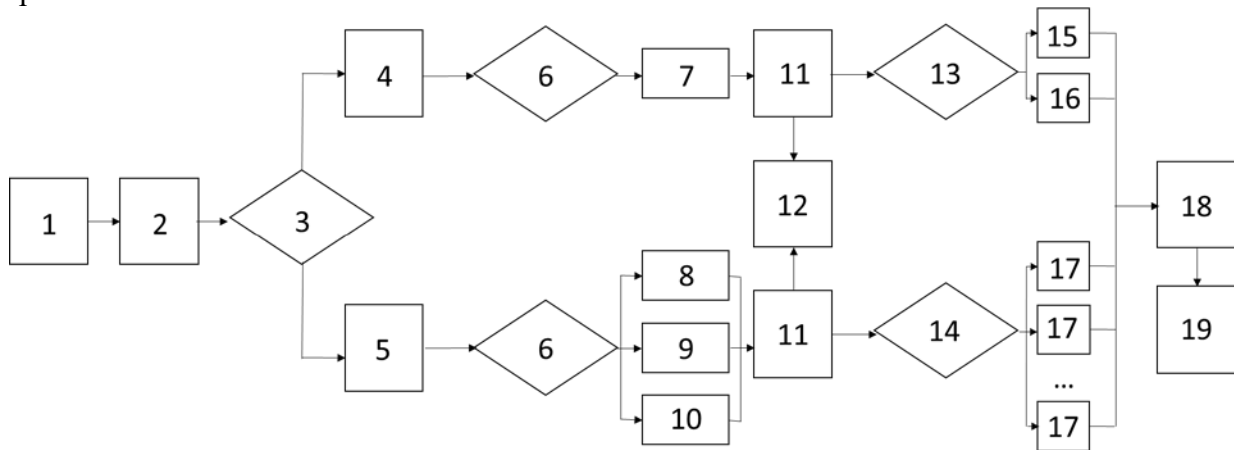


Рис. 2. Схема формирования системы ТО и Р транспортных средств с непрерывным контролем их технического состояния:

- 1 – работающий парк автомобилей; 2 – поток отказов; 3 – разделение потока по видам обеспечения работоспособности; 4 – стратегия восстановления работоспособности (ремонт); 5 – стратегия поддержания работоспособности (техническое обслуживание); 6 – обоснование критериев принятия решений о выполнении технических воздействий; 7 – выход параметров рабочих процессов за предельные значения; 8 – предельное значение износа; 9 – предельное изменение свойств материала; 10 – нарушение экологических требований; 11 – разработка математических моделей связи контролируемых параметров с критериями; 12 – массив контролируемых параметров; 13 – группировка операций по видам ремонта; 14 – группировка операций по видам технического обслуживания; 15 – предупредительный ремонт; 16 – текущий ремонт; 17 – блоки операций технического обслуживания по узлам, системам и агрегатам; 18 - система ТО и Р; 19 – методика обоснования параметров производственно-технологической инфраструктуры

**Выводы.** Представленная схема сформирована на основе особенностей системы ТО и Р с непрерывным контролем технического состояния и с учетом результатов выполненных ранее исследований [8, 9, 10]. Она позволяет проиллюстрировать механизм разработки системы и систематизировать задачи, требующие решения в процессе разработки. Их решение и внедрение в практику организации выполнения ТО и Р позволит приблизиться к максимально возможному на современном уровне развития техники и технологий коэффициенту технической готовности обслуживаемых объектов.

## Литература

1. **Viktor Dobromirov, Vitaliy Verhorubov, Igor Chernyaev.** Systematizing the factors that determine ways of developing the vehicle maintenance system and providing vehicle safety. *Transportation Research Procedia*. Volume 36, 2018, Pages 114-121.
2. **Емелин Н.М.** Отработка системы технического обслуживания летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1995. – 128 с.
3. **Кузнецов Е.С., Болдин А.П., Власов В.М. и др.** Техническая эксплуатация автомобилей. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 2004.
4. **Лакин И.И.** Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов: дис... канд. техн. наук. – М., 2016. – 195 с.: ил.
5. **Бердников И.Е.** Разработка диагностико-информационной подсистемы технического сервиса для обеспечения эксплуатационной надежности транспортно-технологических машин: дис... канд. техн. наук. – Чита, 2017. – 217 с.: ил.
6. **Корнеева Т.В.** Толковый словарь по метрологии, измерительной технике и управлению качеством. Основные термины: около 7000 терминов. – М.: Рус. яз., 1990.
7. **ГОСТ Р ИСО 13372-2013** Контроль состояния и диагностика машин. Термины и определения [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107544> (дата обращения: 25.09.19).
8. **Черняев И.О., Граевский И.С.** Об актуальности задач «цифровой экономики» в сфере технической эксплуатации транспортных средств // *Транспорт России: проблемы и перспективы* – 2018: материалы Междунар. науч.-практ. конференции (13-14 ноября 2018 г., СПб.). – СПб: ИПТ РАН, 2018. – Том 1. – С 31-37.
9. **Черняев И.О., Граевский И.С.** Механизм непрерывного контроля соблюдения экологических требований, предъявляемых к транспортным средствам в эксплуатации // *Вестник гражданских инженеров*. – 2018. – № 6 (71). – С. 180-185.
10. **Черняев И.О., Граевский И.С., Воронцов И.И.** Использование современных методов анализа информации для решения задач технической эксплуатации автотранспортных средств // *Вестник гражданских инженеров*. – 2018. – № 1 (72). – С. 194-200.

## Literatura

1. **Viktor Dobromirov, Vitaliy Verhorubov, Igor Chernyaev.** Systematizing the factors that determine ways of developing the vehicle maintenance system and providing vehicle safety. *Transportation Research Procedia*. Volume 36, 2018, Pages 114-121.
2. **Emelin N.M.** Otrabotka sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya letatel'nyh apparatov. – М.: Mashinostroenie, 1995. – 128 s.
3. **Kuznecov E.S., Boldin A.P., Vlasov V.M. i dr.** Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobilej. – 4-е izd., pererab. i dop. – М.: Nauka, 2004.
4. **Lakin I.I.** Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya lokomotivov po dannym bortovyh apparatno-programmnyh kompleksov: dis... kand. tekhn. nauk. – М., 2016. – 195 s.: il.
5. **Berdnikov I.E.** Razrabotka diagnostiko-informacionnoj podsistemy tekhnicheskogo servisa dlya obespecheniya ekspluatacionnoj nadezhnosti transportno-tekhnologicheskikh mashin: dis... kand. tekhn. nauk. – SChita, 2017. – 217 s.: il.
6. **Korneeva T.V.** Tolkovyy slovar' po metrologii, izmeritel'noj tekhnike i upravleniyu kachestvom. Osnovnye terminy: okolo 7000 terminov. – М.: Rus. yaz., 1990.
7. **GOST R ISO 13372-2013** Kontrol' sostoyaniya i diagnostika mashin. Terminy i opredeleniya [Elektronnyj resurs]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107544> (data obrashcheniya: 25.09.19).
8. **CHernyaev I.O., Graevskij I.S.** Ob aktual'nosti zadach «cifrovoj ekonomiki» v sfere tekhnicheskoy ekspluatatsii transportnyh sredstv // *Transport Rossii: problemy i perspektivy* – 2018: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii (13-14 noyabrya 2018 g., SPb.). – SPb: IPT RAN, 2018. – Tom 1. – S 31-37.

9. **СНерныаев I.O., Graevskij I.S.** Mekhanizm nepreryvnogo kontrolya soblyudeniya ekologicheskikh trebovanij, pred"yavlyaemyh k transportnym sredstvam v ekspluatatsii // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2018. – № 6 (71). – S. 180-185.
10. **СНерныаев I.O., Graevskij I.S., Voroncov I.I.** Ispol'zovanie sovremennyh metodov analiza informacii dlya resheniya zadach tekhnicheskoy ekspluatatsii avtotransportnyh sredstv // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2018. – № 1 (72). – S. 194-200.

УДК 629.083

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14172

Канд. техн. наук, доцент **А.Г. СМЕРНОВ**  
(Чувашская ЧГСХА, stts@lenta.ru)

Канд. техн. наук, доцент **В.С. ПАВЛОВ**  
(Чувашская ЧГСХА, pvstolikovo@mail.ru)

Канд. техн. наук, доцент **А.А. ГОРДЕЕВ**  
Чувашская ЧГСХА, gidrav.gordeev@yandex.ru

## **АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

В процессе использования автомобиля по назначению с момента ввода его в эксплуатацию необходимо поддерживать технически исправное, работоспособное состояние. При этом должны быть обеспечены безопасные условия эксплуатации, которые достигаются постоянным контролем параметров технического состояния и их восстановлением. Данная задача реализуется системой мероприятий по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту (Р). Основу системы ТО и Р составляют ее структура и нормативы. В России наибольшее распространение получила двухступенчатая система ТО и Р, включающая: ежедневное техническое обслуживание (ЕО), первое (ТО-1) и второе (ТО-2). Основными документами, определяющими структуру системы ТО и Р и нормативы, являются: Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта (Положение) [1], ОНТП-91 [2], ГОСТ 18322—2016 [3] и ГОСТ 21624-81 [4], согласно которым для легковых автомобилей периодичности ТО составляют: ТО-1 - 4000 и 5000 км, ТО-2 – 16000 и 20000 км пробега. В современных условиях отдельные положения документов [1, 2, 4] несколько устарели, особенно в отношении структуры системы ТО и Р, а также нормативов периодичностей. С появлением новых конструктивных решений в создании автомобилей, новых материалов при их изготовлении и использовании значительно изменились ресурсы деталей, узлов и агрегатов.

Одним из этапов проектирования новых и модернизации существующих моделей автомобилей является разработка технических требований, включающих требования и нормы, определяющие эксплуатационные характеристики и показатели качества с учетом действующих и перспективных норм. Результатом работы завода-изготовителя на этом этапе является разработка требований к системе технического обслуживания и ремонта (правила предпродажного, гарантийного и послегарантийного обслуживания и их совершенствование) с учетом условий эксплуатации, безопасности конструкции, показателей надежности, безотказности и долговечности. Соответственно, происходит постоянное корректирование заводами-изготовителями структуры системы ТО и их нормативов, что учтено во второй части Положения по конкретному семейству подвижного состава.

В автотранспортных предприятиях марочный состав автомобилей разнообразен при их малом количестве. Одновременно с новыми продолжают использоваться автомобили со значительными сроками эксплуатации, для которых рекомендованы периодичности ТО 5000, 10000 и 15000 км. Рекомендованный метод корректирования нормативов по Положению с

учетом пробега не позволяет сглаживать разницу по пробегам. Произошли значительные изменения в перечне работ и их трудоемкостей, включенных в составы ТО-1 и ТО-2 для автомобилей разного периода выпуска. Все это приводит к усложнению учета и обработки пробегов автомобилей, трудоемкостей выполняемых работ технических обслуживаний, соответственно, возникают затруднения при планировании работ ТО, составлении графиков их проведения, вызванные с расхождением нормативов по Положению и заводскими рекомендациями. Использование автомобилей иностранного производства со своей структурой системы ТО и нормативами периодичностей и трудоемкостей вносит свои коррективы. Поэтому часть подвижного состава приходится направлять в специализированные сервисные центры. В связи с этим для повышения безопасности движения, улучшения качества выполнения работ по ТО, а также снижения затрат на ТО в современных условиях хозяйствования необходимо применять более гибкую планово-предупредительную систему ТО. Она требует корректирования нормативов и структуры системы ТО в связи с выпуском более совершенных по конструкции и качеству автомобилей с применением современных средств технического обслуживания и диагностирования.

**Целью исследования** является анализ структуры системы технического обслуживания по периодам выпуска автомобилей для последующей разработки мероприятий по ее улучшению и применению на автотранспортных предприятиях.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Объектами исследований являются структура систем ТО и Р по периодам выпуска на примере автомобилей Ульяновского автомобильного завода, приведенная в [1,2, 4], в сервисной книжке автомобиля УАЗ-31512 от 1997 года [5], в сервисной книжке автомобиля УАЗ -ХАНТЕР [6], в сборнике нормативов трудоемкостей технического обслуживания и ремонта автомобилей УАЗ [7], сборнике норм времени на техническое обслуживание и ремонт легковых, грузовых автомобилей и автобусов [8], руководстве по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей УАЗ, ГАЗ, Опель [9, 10,11, 12].

Таблица 1. Количество операций и их трудоемкости при выполнении технических обслуживаний (по сервисной книжке автомобиля УАЗ-31512)

Наработка, тыс. км	Контрольно-диагностические операции		Регламентные операции		Суммарная трудоемкость, н.-час
	количество	трудоемкость, н.-час	количество	трудоемкость, н.-час	
4	8	0,791	-	-	0,791
8	14	2,751	6	2,591	5,342
12	8	0,791	-	-	0,791
16	26	7,21	15	9,921	17,131
20	8	0,651	2	1,27	1,921
24	15	2,891	4	2,591	5,482
28	8	0,791	-	-	0,791
32	26	7,188	25	28,181	35,369
		$\Sigma=23,064$		$\Sigma=44,554$	$\Sigma=67,618$

Для составления анализа структур систем ТО по периодам выпуска автомобилей проводилось сравнение перечня работ и их трудоемкостей с учетом пробегов, указанных соответственно: в Положении [1], разработанном в 1984 году; в сервисной книжке автомобиля УАЗ-31512 от 1997 года [5]; в руководстве по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту УАЗ-ХАНТЕР от 2003 года [10] и в сервисной книжке автомобиля УАЗ-ХАНТЕР [6]. Для автомобилей семейства Ульяновского автомобильного завода периодичность ТО проводится по Положению [1] и рекомендациям завода-изготовителя от 1997 года через каждые 4000 или 5000 км пробега, по рекомендациям завода-изготовителя от 2003 года – 10000 км, от 2015 года – интервал обслуживания составляет 15000 км [7].

Нормативы трудоемкостей по заводским рекомендациям подсчитаны с учетом перечня работ, приведенных в [5, 6, 7], и их трудоемкостей, взятыми из [7, 8, 9]. Так, для автомобилей семейства выпуска до 1997 года периодичность ТО проводится через каждые 4000 км по заводской структуре и совпадает с данными Положения [1] (табл. 1), однако трудоемкости видов ТО значительно отличаются (табл.2).

При дальнейшем увеличении наработки нормативы трудоемкостей повторяются с незначительным отклонением. Положением [1] предусмотрено отклонение от нормативов периодичностей ТО до  $\pm 10\%$ . Из суммарных трудоемкостей, приведенных в табл. 1, видно, что существует значительная разница трудоемкостей при пробегах 8000, 16000, 24000 и 32000 км, при этом величины трудоемкостей при пробегах 4000, 12000, 20000 и 28000 км практически повторяются.

Таблица 2. Сравнительный анализ трудоемкостей автомобиля УАЗ-31512

Наработка, тыс. км	Виды ТО	Трудоемкость видов ТО, н.-ч.		Отношение трудоемкостей
		по рекомендации завода	по Положению	
4	ТО-1	0,79	2,9	0,27
8	ТО-1	5,34	2,9	1,84
12	ТО-1	0,79	2,9	0,27
16	ТО-2	17,13	11,7	1,46
20	ТО-1	1,924	2,9	0,66
24	ТО-1	5,48	2,9	1,88
28	ТО-1	0,79	2,9	0,27
32	ТО-2	35,36	11,7	3,2
		$\Sigma=67,618$	$\Sigma=40,8$	

Рекомендации завода-изготовителя предусматривают выполнение относительно большего объема работ, особенно контрольно-диагностических.

Данные табл. 2 позволяют определить число ступеней технического обслуживания автомобилей семейства УАЗ (выпуска до 1997г.) до 4-х: ТО-1 – 4000 км, ТО-2 – 8000 км, ТО-3 – 16000 км, ТО-4 – 32000 км при следующем чередовании видов ТО: ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-3, ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-4.

Таблица 3. Анализ трудоемкостей технического обслуживания автомобиля УАЗ-ХАНТЕР выпуска с 2003 года по Положению и сервисной книжке

Наработка, тыс. км	Виды ТО по Положению	Трудоемкость видов ТО, н.-ч.		Рекомендуемые виды ТО
		по Положению	по рекомендации завода	
10	ТО-1	2,9	9,917	ТО-1
20	ТО-1	2,9	13,691	ТО-1
30	ТО-1	2,9	24,145	ТО-2
40	ТО-2	11,7	12,501	ТО-1
50	ТО-1	2,9	11,501	ТО-1
60	ТО-1	2,9	26,994	ТО-2
70	ТО-1	2,9	9,917	ТО-1
80	ТО-2	11,7	13,631	ТО-1
90	ТО-1	2,9	24,167	ТО-2
100	ТО-1	2,9	12,771	ТО-1
110	ТО-1	2,9	11,047	ТО-1
120	ТО-2	11,7	28,211	ТО-2
130	ТО-1	2,9	9,917	ТО-1
		$\Sigma=64,1$	$\Sigma=208,41$	

Для автомобилей УАЗ выпуска с 2003 г. установлены периодичности в 10000 км по пробегу [10]. Чередование видов обслуживаний и их трудоемкостей по Положению [1] и рекомендациям завода представлены в табл. 3.

Данные табл. 3 показывают, что для автомобилей периода выпуска с 1997-го по 2015 гг. завод рекомендует значительное увеличение трудоемкостей. Анализ чередования трудоемкостей показывает, что рациональным для автомобилей данного периода при применении периодичности в 10000 км является двухступенчатая система ТО при следующем чередовании его видов: ТО-1, ТО-1, ТО-2 и т.д.

Для автомобилей УАЗ выпуска с 2015 года установлены периодичности в 15000 км по пробегу [6]. Чередование видов обслуживаний и их трудоемкостей по Положению и рекомендациям завода представлены в табл. 4.

Таблица 4. Анализ трудоемкостей технического обслуживания автомобиля УАЗ-ХАНТЕР выпуска с 2015 года по Положению [1] и сервисной книжке

Наработка, тыс. км	Виды ТО по Положению	Трудоемкость видов ТО, н.-ч.		Рекомендуемые виды ТО
		по Положению	по рекомендации завода	
5	ТО-1	2,9	-	-
10	ТО-1	2,9	-	-
15	ТО-1	2,9	3,22	ТО-1
20	ТО-2	11,7	-	-
25	ТО-1	2,9	-	-
30	ТО-1	2,9	4,48	ТО-2
35	ТО-1	2,9	-	-
40	ТО-2	11,7	-	-
45	ТО-1	2,9	3,78	ТО-1
50	ТО-1	2,9	-	-
55	ТО-1	2,9	-	-
60	ТО-2	11,7	4,71	ТО-2
65	ТО-1	2,9	-	-
70	ТО-1	2,9	-	-
75	ТО-1	2,9	3,22	ТО-1
80	ТО-2	11,7	-	-
85	ТО-1	2,9	-	-
90	ТО-1	2,9	5,04	ТО-3
95	ТО-1	2,9	-	-
100	ТО-2	11,7	-	-
105	ТО-1	2,9	3,22	ТО-1
		$\Sigma=104,9$	$\Sigma=27,67$	

Как видно из табл. 4, до пробега 90000 км количество ТО по Положению [1] составляет 18 ед., а по рекомендациям завода – 6 ед. При дальнейшем увеличении наработки нормативы трудоемкостей повторяются с незначительным отклонением. Трудоемкости ТО по рекомендациям завода подсчитаны без учета дополнительных работ, которые незначительно отличаются в зависимости от пробега. При таком их представлении разница между ними наибольшая, что позволяет лучше их разграничить при составлении анализа.

**Результаты исследований.** Анализ данных, представленных в таблицах, позволяет определить число ступеней систем технического обслуживания автомобилей семейства УАЗ по периодам выпуска: по Положению – двухступенчатая с чередованием видов ТО-1, ТО-1, ТО-1, ТО-2; выпуска до 1997 года – четырехступенчатая с чередованием видов ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-3, ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-4; выпуска до 2015 года – двухступенчатая с



чередованием видов ТО-1, ТО-1, ТО-2; выпуска после 2015 года – трехступенчатая при чередовании видов ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-3 и т.д. Рекомендуемые структуры отвечают требованиям планово-предупредительной системы, являются наиболее удобными для работы специализированных предприятий по ТО и Р автомобилей семейства УАЗ, автопредприятий с преобладающим количеством автомобилей данной марки и владельцев единичных штук. Проведены сравнения чередования перечня работ и их трудоемкостей по легковым автомобилям Горьковского автомобильного завода и некоторых производителей автомобилей Европы и Волжского автомобильного завода, которые предлагают для своих потребителей 2-ступенчатую систему ТО при следующем чередовании: ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-2 и т.д. При этом периодичности ТО отличаются: ВАЗ-2110, ВАЗ-2115 и их модификации – 15000 км, OPEL FRONTERA и их модификации – 10000 км. Автопроизводители Японии предпочитают 3-ступенчатую структуру, аналогичную предлагаемой для УАЗа: ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-3 (HONDA – 12 тыс. км, NISSAN – 15 тыс. км); ТО-1, ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-1, ТО-3 (TOYOTA – 5 тыс.км). Камский автомобильный завод для новых моделей автомобилей КамАЗ предлагает 2-ступенчатую структуру при следующем чередовании: ТО-1, ТО-1, ТО-2 и т. д. [13].

**Выводы.** Результаты проведенных исследований позволяют оптимизировать структуру технического обслуживания автомобилей УАЗ по периодам их выпуска: выпуска до 1997 года – четырехступенчатая, выпуска с 1997-го по 2015 гг. – двухступенчатая, выпуска после 2015 года – трехступенчатая. Совершенствование структуры технического обслуживания позволит значительно сократить трудозатраты на ее проведение, более рационально организовать рабочие места на постах ТО.

### Литература

1. **Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта** / Министерство автомобильного транспорта РСФСР. – М.: Транспорт, 1986. – 72с.
2. **ОНТП-01-91. РД 3107938-0176-91.** Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта / Российский государственный автотранспортный концерн. – М.: Гипроавтотранс, 2002. – 76 с.
3. **ГОСТ 18322 – 2016.** Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Введ. 2017. – 01. – 09. – М.: Стандартиформ, 2017. – 16 с.
4. **ГОСТ 21624-81.** Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования к эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности изделий / Министерство автомобильного транспорта РСФСР. – Введ. 1981. – 24. – 12. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1981. – 16 с.
5. **Сервисная книжка СК 37.212.001** – 93 автомобиля УАЗ-31512. – Ульяновск: «Дом печати», 1997. – 16 с.
6. **Сервисная книжка автомобиля УАЗ ХАНТЕР.** Гарантия и техническое обслуживание. – Ульяновск: ООО «Ульяновский автомобильный завод», 2015. – 40 с.
7. **Сборник нормативов** трудоемкостей на техническое обслуживание и ремонт автомобилей УАЗ. – Ульяновск: УОТиЗ УАЗ, 1999. – 110 с.
8. **РД 03112178-1023-99.** Сборник норм времени на техническое обслуживание и ремонт легковых, грузовых автомобилей и автобусов / Министерство транспорта РФ. – М.: Департамент автомобильного транспорта ГУЛ «Центроргтрудоавтотранс». – 417 с.
9. **Руководство по ремонту, эксплуатации и техническому обслуживанию** автомобилей УАЗ 31512, УАЗ-31514, УАЗ-3153, УАЗ-3741, УАЗ-3962, УАЗ-2206, УАЗ-3303, УАЗ-3909, УАЗ-33036, УАЗ-39094, УАЗ-39095. – М.: Издательский Дом «Третий Рим», 1999. – 168с., табл., ил.
10. **Uaz Hunter / УАЗ-469.** Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. – М.: ООО «ИДТР», 2010. – 280 с.: ил.+эл. схемы.

11. **Ашмаров А.В., Кубышкин Ю.Н., Погребной С.Н.** Руководство по ремонту, эксплуатации и техническому обслуживанию автомобиля ГАЗ-3110 «Волга». – М.: Издательский Дом «Третий Рим», 2000. – 184 с., табл., ил.
12. **Руководство по ремонту** и эксплуатации Opel Frontera бензин/дизель выпуска с 1999 года; Составитель С.В. Гусь / Пер. с нем. Л.Л. Римко / Пер. с англ. Ю.Ю. Лагунович, А.Г. Кишко. – Минск: УП «Гуси-Лебеди», 2009. – 392с.
13. **Технологические карты** ТО-1000, ТО-4000, ТО-1, ТО-2, СТО автомобилей Камаз / Открытое акционерное общество «КАМАЗ». – Набережные Челны: Открытое акционерное общество «КАМАЗ техобслуживание», 2001. – 249 с.

### Literatura

1. **Polozhenie o tekhnicheskome obsluzhivanii i remonte podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta** / Ministerstvo avtomobil'nogo transporta RSFSR. – М.: Transport, 1986. – 72s.
2. **ОНТП-01-91. RD 3107938-0176-91.** Obshchesoyuznye normy tekhnologicheskogo proektirovaniya predpriyatij avtomobil'nogo transporta / Rossijskij gosudarstvennyj avtotransportnyj koncern. – М.: Giproatotrans, 2002. – 76 s.
3. **GOST 18322 – 2016.** Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Terminy i opredeleniya. – Vved. 2017. – 01. – 09. – М.: Standartinform, 2017. – 16 s.
4. **GOST 21624-81.** Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobil'noj tekhniki. Trebovaniya k ekspluatacionnoj tekhnologichnosti i remontoprigradnosti izdelij / Ministerstvo avtomobil'nogo transporta RSFSR. – Vved. 1981. – 24. – 12. – М.: Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, 1981. – 16 s.
5. **Servisnaya knizhka SK 37.212.001** – 93 avtomobilya UAZ-31512. – Ul'yanovsk: «Dom pečati», 1997. – 16 s.
6. **Servisnaya knizhka avtomobilya UAZ HANTER.** Garantiya i tekhnicheskoe obsluzhivanie. – Ul'yanovsk: ООО «Ul'yanovskij avtomobil'nyj zavod», 2015. – 40 s.
7. **Sbornik normativov** trudoemkostej na tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilej UAZ. – Ul'yanovsk: UOTiZ UAZ, 1999. – 110 s.
8. **RD 03112178-1023-99.** Sbornik norm vremeni na tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont legkovyh, gruzovyh avtomobilej i avtobusov / Ministerstvo transporta RF. – М.: Departament avtomobil'nogo transporta GUL «Centrorgrudavtotrans». – 417 s.
9. **Rukovodstvo po remontu,** ekspluatcii i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu avtomobilej UAZ 31512, UAZ-31514, UAZ-3153, UAZ-3741, UAZ-3962, UAZ-2206, UAZ-3303, UAZ-3909, UAZ-33036, UAZ-39094, UAZ-39095. – М.: Izdatel'skij Dom «Tretij Rim», 1999. – 168s., tabl., il.
10. **Uaz Hunter** / UAZ-469. Rukovodstvo po ekspluatcii, tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu. – М.: ООО «IDTR», 2010. – 280 s.: il.+el. skhemy.
11. **Ashmarov A.V., Kubyshkin YU.N., Pogrebnoj S.N.** Rukovodstvo po remontu, ekspluatcii i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu avtomobilya GAZ-3110 «Volga». – М.: Izdatel'skij Dom «Tretij Rim», 2000. – 184 s., tabl., il.
12. **Rukovodstvo po remontu** i ekspluatcii Opel Frontera benzina/dizel' vypuska s 1999 goda; Sostavitel' S.V. Gus' / Per. s nem. L.L. Rimko / Per. s angl. YU.YU. Lagunovich, A.G. Kishko. – Minsk: UP «Gusi-Lebedi», 2009. – 392s.
13. **Tekhnologicheskie karty** ТО-1000, ТО-4000, ТО-1, ТО-2, СТО avtomobilej Kamaz / Otkrytoe akcionerное obshchestvo «KAMAZ». – Naberezhnye Chelny: Otkrytoe akcionerное obshchestvo «KAMAZ tekhnicheskoe obsluzhivanie», 2001. – 249 s.

## **ПОВЫШЕНИЕ СОХРАНЯЕМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНОГО ЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ**

Некоторые виды техники в сельском хозяйстве из-за специфических особенностей эксплуатации заняты на производстве не в течение целого года, как это бывает в других отраслях, а лишь небольшую часть времени. Такой техники в сельскохозяйственном производстве достаточно много: это и комбайны, занятые только в уборке урожая (2-3 месяца в году), и сеялки, работающие в период посевных работ (1 месяц в году), и много других видов техники, выполняющих важные функции в возделывании, сохранении и переработке продукции сельского хозяйства, но работающих небольшой период времени в течение года [1]. Поэтому хранение сельскохозяйственной техники в период ее простоя является насущной проблемой для агропромышленного комплекса.

В период длительного хранения сельскохозяйственная техника подвергается агрессивному воздействию внешних климатических факторов, а именно: температура и влажность воздуха, солнечное излучение, скорость ветра и атмосферные осадки. Также одним из негативных факторов, способствующих возникновению коррозии, является длительный простой техники, а нарушение технологий подготовки и несовершенство способов хранения приводит к потере работоспособности сельскохозяйственной техники, что свидетельствует о необходимости выбора эффективного способа ее хранения.

Сохранение любого объекта – дорогостоящее мероприятие: это и затраты на расходные материалы, такие как консервационные смазки, масла, и амортизационные затраты на помещения для хранения, и заработная плата обслуживающего персонала, и многие другие денежные отчисления, направленные на предотвращение негативного воздействия окружающей среды на хранящуюся технику [2].

Существует несколько типов хранения сельскохозяйственной техники:

- открытый – как наиболее дешёвый, но не подходящий для большинства видов хранящихся объектов в условиях Красноярского края и других регионов с тяжелыми климатическими условиями из-за негативного воздействия окружающей среды;
- закрытый, самый дорогой, но наиболее эффективный в плане сохранения работоспособности поставленного на хранение объекта, однако, учитывая то, что появление конденсата на поверхности техники в закрытых помещениях может в кратчайшие сроки привести к выходу ее из строя, необходимо уделять этому вопросу особое внимание, проводить осмотр и техническое обслуживание хранящейся техники не реже 1 раза в месяц;
- комбинированный, наиболее распространенный вид хранения, так как совмещает оба эти способа; преимущества закрытого способа хранения при меньших денежных затратах [3]. При этом способе наиболее ответственные и дорогие узлы и агрегаты хранятся на складе, а остальные узлы и агрегаты тщательно консервируют и оставляют на открытой площадке.

Следует отметить, что особо важное значение в формировании продуктов коррозии имеет солнечная радиация, которая способствует образованию плотных слоев продуктов коррозии железа при хранении металлических конструкций на открытых площадках. Под навесом, где доступ солнечной радиации ограничен, образуется рыхлый слой продуктов коррозии, под которым процесс коррозии железа идет без замедления. По этой причине подготовка техники к хранению должна проводиться тщательнейшим образом: проводится очистка всех труднодоступных участков от остатков почвы и других отложений,

обрабатываться участки с начальными признаками коррозии и удаляться все агрессивные жидкости, попавшие на поверхность ставящегося на хранение объекта.

Анализируя данные способы хранения, их преимущества и недостатки, был предложен альтернативный вариант, который позволил обеспечить работоспособность хранящегося объекта практически как при закрытом способе хранения, но при меньших денежных затратах [4]. Предложенный способ хранения основывается на применении модульного защитного сооружения, которое обеспечит оптимальные условия хранения техники в условиях Сибирского климата. Так как защитное сооружение состоит из модулей, его можно применять для хранения любой техники, как крупногабаритной, так и небольшой.

**Цель исследования** – повышение сохраняемости сельскохозяйственной техники в период хранения и обоснование конструкции и параметров модульного защитного сооружения.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи исследования:

1) минимизировать возможное отрицательное воздействие конденсата на сохранность техники с помощью дополнительных слоев обшивки модульного защитного сооружения;

2) обосновать возможность применения модульного защитного сооружения на практике.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Решение поставленных задач осуществлялось с использованием технологических карт постановки техники на хранение, рекомендованных условий хранения различных объектов, находящихся на хранении, и других справочных данных, которые могут повлиять на сохранность техники.

Как уже было сказано ранее, наилучшую сохранность объекта хранения обеспечивает закрытый способ, он позволяет минимизировать воздействие резких колебаний температур, устранять влияние солнечного излучения и атмосферных осадков [5]. Из-за больших затрат закрытый способ хранения могут себе позволить лишь немногие сельскохозяйственные предприятия, поэтому некоторые хозяйства применяли защитные чехлы из полиэтилена для защиты наиболее ответственных и дорогих узлов. Однако при воздействии солнечного излучения под полиэтиленовой пленкой начинался процесс мокрой коррозии по причине тепличного эффекта [6].

Некоторые ученые предлагали использовать мягкий материал для укрытия (брезент, покрашенный светоотражающим составом), он защищал машину от воздействия прямого солнечного света, климатических факторов и препятствовал выпадению конденсата на ее поверхности, но непродолжительный срок службы укрытия и сложность его изготовления препятствовали успешному продвижению этого способа в сельском хозяйстве [7]. В Рязани коллектив ученых предлагал способ хранения с помощью получехлов на металлическом каркасе, этот способ наиболее оптимальный в плане экономии средств и создания благоприятной среды для хранения техники [8].

Основным материалом получехлов является «Пенофол», он эффективно отражает солнечное излучение и обладает хорошими теплоизоляционными свойствами. Одним из основных недостатков данного способа является недостаточно эффективный способ борьбы с конденсатом внутри. Решение данной проблемы предлагается осуществить с помощью дополнительных слоев, состоящих из полиэтиленовой пленки (рис. 1) и прослойки воздуха между внутренним слоем алюминиевой фольги и полиэтиленовой пленкой. Данный слой поможет собирать скопившийся конденсат и без контакта с хранящейся машиной удалять его за пределы защитного сооружения.

Первые три слоя представляют собой теплоизолирующий материал «Пенофол», имеющий трехслойную структуру (алюминиевая фольга, вспененный полиэтилен, алюминиевая фольга), обладающий теплоизоляционными свойствами и отражающий солнечные лучи [9]. Отражение солнечных лучей происходит из-за зеркальной поверхности первого слоя, что способствует менее интенсивному нагреванию «Пенофола», а

соответственно, и передачи тепла во внутрь защитного сооружения. Последующие два слоя:  $\delta 3$  и  $\delta 4$  – служат для предотвращения контакта конденсата с хранящимся объектом. Конденсат образуется в прослойке из воздуха  $\delta 3$ , и, собираясь в капли на внутренней стороне пленки, влага будет стекать на землю.

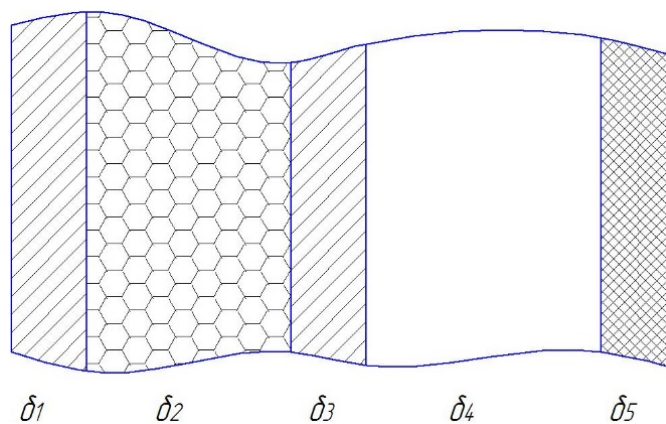


Рис. 1. Структура покрытия защитного устройства:

$\delta 1$  – внешний слой алюминиевой фольги;  $\delta 2$  – вспененный полиэтилен;  $\delta 3$  – внутренний слой алюминиевой фольги;  $\delta 4$  – воздушная прослойка;  $\delta 5$  – полиэтиленовая пленка

В сельскохозяйственных предприятиях, как правило, техника хранится на оборудованных площадках, имеющих уклон для удаления влаги, поэтому конденсат, стекающий с защитного устройства, будет удаляться за пределы площадки.

В качестве материала для каркаса использовался алюминий, это исключало возможность возникновения коррозионных процессов на поверхности конструкции и облегчало возведение защитного модульного сооружения из-за меньшей массы сборочных элементов.

**Результаты исследований.** Исследования проводились в естественных условиях в городе Красноярске. В качестве исследуемого объекта как источника информации была использована модель, уменьшенная в масштабе 1:20.

Измерение температурных и влажностных режимов воздуха обеспечивалось с помощью барометра и термо-гигрометра. Термо-гигрометр (ARTFAIR) позволял производить достоверные измерения температуры и влажности внутри защитного устройства и снаружи через каждые 60 минут в течение суток в месяцы с наиболее интенсивным выпадением росы (апрель, май, июнь). Для измерения изменений давления воздуха и относительной влажности во время проведения эксперимента применялся барометр (Классика 36).

В качестве испытательного объекта применялся металлический параллелепипед, который изготавливался из стали 03кп, так как эта сталь является основным конструкционным материалом для изготовления обшивки сельскохозяйственных машин [10].

Анализ климатических факторов свидетельствует, что показатели: температура, влажность воздуха и количество осадков наиболее непостоянны весной и летом. Большие перепады температуры при высокой влажности создают условия для выпадения конденсата, так как разница температур машины и окружающего воздуха соответствует точке росы. Полученные статистические данные за 5 лет свидетельствуют о том, что наибольшее количество выпадения осадков в Красноярском крае приходится на весну и начало лета. Также необходимо отметить, что образование на поверхности водяной пленки в результате выпадения дождя, снега и образования росы является наиболее значимым климатическим фактором, влияющим на процесс коррозии.

Полученные в ходе анализа среднемесячных значений количества образовавшегося на поверхности сельскохозяйственных машин конденсата, с учётом способа хранения и времени года показывают, что максимальное количество выпадения влаги приходится также на май и апрель. В этом случае способ хранения сельскохозяйственных машин существенно влияет на количество влаги на поверхности машины. Наличие влаги на поверхности машины с открытым хранением обусловлено совместным воздействием атмосферных осадков и конденсации. Следует отметить, что даже при закрытом хранении и хранении под защитным тепловым экраном может образовываться пленка влаги из-за резких колебаний температуры. Образование конденсата возможно также при разгерметизации закрытых объектов (гаражей, складов и т.д.). Наибольшая вероятность конденсации влаги наблюдается в период резкого изменения температуры. Сельскохозяйственная машина, имеющая более низкую температуру, нагревается теплым атмосферным воздухом, поступающим в помещение. Чтобы предотвратить конденсацию влаги в воздухе, необходимо, чтобы температура машины была выше точки росы, то есть в этом поможет предварительный нагрев машины перед декомпрессией или дозированная подача воздуха в помещение с хранящейся машиной в течение длительного времени.

Исследования проводились в течение трех месяцев по одному испытанию в декаду, при относительно одинаковом атмосферном давлении. На основании полученных результатов построили циклограмму изменения температур воздуха снаружи защитного устройства, внутри защитного устройства без пленки и внутри защитного устройства с пленкой (рис. 2).

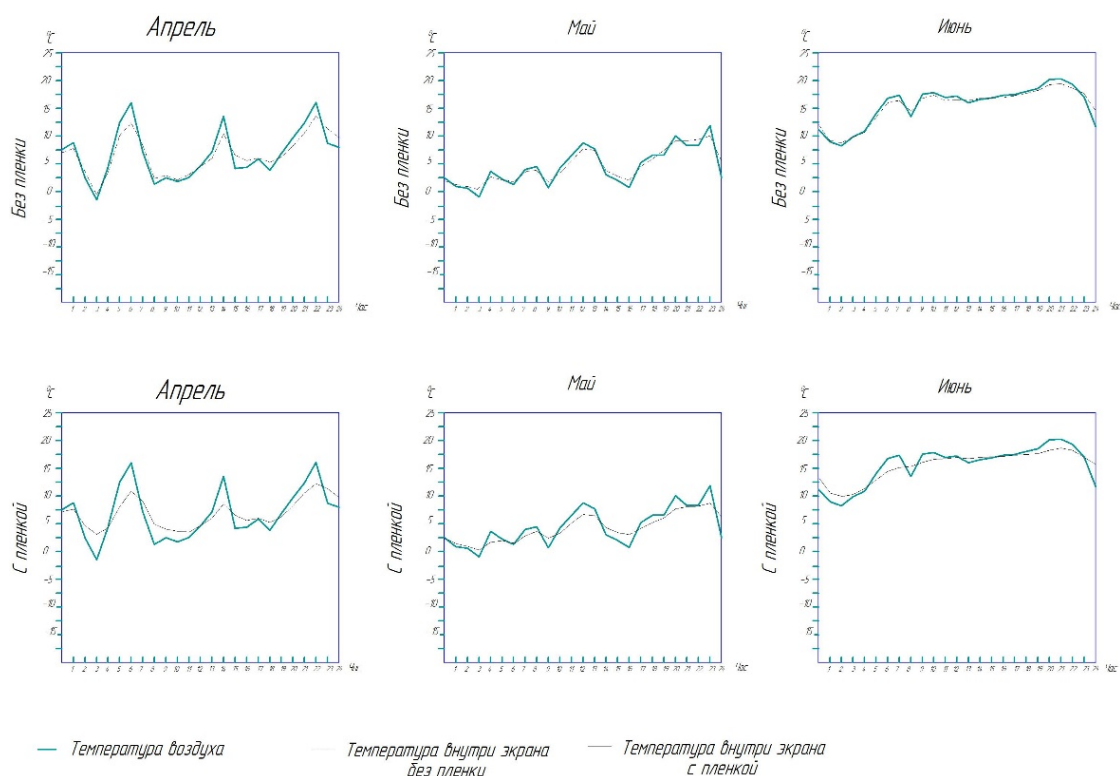


Рис. 2. Циклограмма изменения температуры

Так как наибольшая вероятность выпадения конденсата приходится на резкое изменение температуры, очевидно, что, чем меньше диапазон ее колебания, тем меньше вероятность выпадения росы. Анализ построенной циклограммы изменения температуры воздуха показал, что наиболее плавное изменение происходит внутри защитного устройства с пленкой. Поэтому в качестве дополнительного слоя обшивки модульного защитного сооружения предлагается использование полиэтиленовой пленки.

**Выводы:**

1. Дополнительный слой обшивки модульного защитного сооружения позволяет снизить перепад температур в среднем на 6%, тем самым уменьшить появление конденсата, а следовательно, и отрицательное воздействие конденсата на сохраняемость техники.
2. Анализ результатов исследования дает возможность утверждать, что применение модульного защитного сооружения на практике позволит сохранить технику в нерабочий период более эффективно.
3. Предлагаемый способ, прежде всего, снижает затраты на хранение техники в нерабочий период, используя преимущества закрытого способа хранения при меньших денежных вливаниях на строительство и обслуживание капитальных строений.

**Литература**

1. **Сухарев Э.А.** Технология и качество хранения машин в нерабочие периоды. – Ровно, 2005. – 151 с.
2. **Северный А.Э.** Комплексное решение проблемы сохранности и защиты от коррозии сельскохозяйственной техники //Труды ГОСНИТИ. – М., 1987. – Т. 80.
3. **Янкин В.М.** и др. Руководство по хранению техники в объединениях «Сельхозхимия». – Рязань: ВНИПИагрохим, 1984. – 67с.
4. **Крашенинников Д.В.** Совершенствование системы хранения сельскохозяйственной техники в нерабочий период // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. – 2019. – № 13. – С. 267-269.
5. **Гниломедов В.Г., Кудашкин А.А.** Хранение сельскохозяйственной техники. – Самара, 2003. –145 с.
6. **Торопынин С.И., Медведев М.С.** Технология и технические средства восстановления лакокрасочных покрытий сельскохозяйственной техники без удаления продуктов коррозии // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2009. – № 6. – С. 116-121.
7. **Курочкин В.Н.** Хранение техники на машинных дворах. – М.: Россельхозиздат,1985. – 157 с.
8. **Соловьева С.П., Латышенко М.Б., Костенко М.Ю., Астахова Е.М.** Исследование теплового состояния сельскохозяйственной машины, установленной на хранение под тепловым экраном // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сб. науч. тр. / СПбГАУ. – СПб., 2013. – Ч.1. – С.378
9. **Электронный ресурс** URL: <https://www.penofol.ru.com/kopiya-penofol> (дата обращения: 15.10.2019).
10. **Oltra R. Vignal V.** Recent advances in local probe techniques in corrosion resech - Analysis of the role of stress on pitting sensitivity // Corros. sci. – 2007. – №1. – С. 158-165.

**Literatura**

1. **Suharev E.A.** Tekhnologiya i kachestvo hraneniya mashin v nerabochie periody. – Rovno, 2005. – 151 s.
2. **Severnyj A.E.** Kompleksnoe reshenie problemy sohrannosti i zashchity ot korrozii sel'skohozyajstvennoj tekhniki //Trudy GOSNITI. – M., 1987. – T. 80.
3. **YAnkin V.M. i dr.** Rukovodstvo po hraneniyu tekhniki v ob"edineniyah «Sel'hozhkhimiya». – Ryazan': VNIPIagrohimi, 1984. – 67s.
4. **Krasheninnikov D.V.** Sovershenstvovanie sistemy hraneniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki v nerabochij period // Nauchno-obrazovatel'nyj potencial molodezhi v reshenii aktual'nyh problem XXI veka. – 2019. – № 13. – S. 267-269.
5. **Gnilomedov V.G., Kudashkin A.A.** Hranenie sel'skohozyajstvennoj tekhniki. – Samara, 2003. – 145 s.
6. **Toropynin S.I., Medvedev M.S.** Tekhnologiya i tekhnicheskie sredstva vosstanovleniya lakokrasochnyh pokrytij sel'skohozyajstvennoj tekhniki bez udaleniya produktov korrozii // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – № 6. – S. 116-121.

7. **Kurochkin V.N.** Hranenie tekhniki na mashinnyh dvorah. – М.: Rossel'hozizdat, 1985. – 157 s.
8. **Solov'eva S.P., Latyshenok M.B., Kostenko M.YU., Astahova E.M.** Issledovanie teplovogo sostoyaniya sel'skohozyajstvennoj mashiny, ustanovlennoj na hranenie pod teplovym ekranom // Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah reformirovaniya: sb. nauch. tr. / SPbGAU. – SPb., 2013. – CH.1. – S.378
9. **Elektronnyj resurs** URL: <https://www.penofol.ru.com/kopiya-penofol> (data obrashcheniya: 15.10.2019).
10. **Oltra R. Vignal V.** Recent advances in local probe techniques in corrosion resech - Analysis of the role of stress on pitting sensitivity // Corros. sci. – 2007. – №1. – S. 158-165.

УДК 631.3:767.2

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14183

Доктор техн. наук **Е.А. УЛЮКИНА**  
(РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева)

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТОПЛИВА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Решение экологических проблем, возникающих при эксплуатации мобильной техники на нефтяном топливе, требует поиска альтернативных видов моторного топлива. Из альтернативных топлив первое место в мире по потреблению на транспорте занимают сжиженные нефтяные газы [1], а также топлива, получаемые из газового сырья, угля и сланцев [2].

Из возобновляемых ресурсов достаточно перспективно использование энергии биомассы, т.е. всех видов веществ растительного и животного происхождения, продуктов их жизнедеятельности и органических отходов. Из отходов можно получать биогаз. Такие установки широко используются в Китае, США, Индии. В России также начали строить подобные установки. В российском животноводстве и птицеводстве в год образуется около 150 млн. т органических отходов. При их переработке в биогазовых установках можно ежегодно получать дополнительно 95 млн. т условного топлива, что эквивалентно 190 млрд. кВт.ч электроэнергии [3]. Этой энергии достаточно, чтобы обеспечить электроэнергией весь агрокомплекс России.

В качестве топлива для автомобильных двигателей нашел применение продукт переработки метана – диметилэфир. Для его получения используется метан любого происхождения: природный газ, биогаз, а также газ, получаемый в результате гидрогенизации каменного угля. По своим свойствам он соответствует сжиженному нефтяному газу (смеси пропана и бутана), но имеет более высокое цетановое число. Это позволяет сжигать его с более высоким коэффициентом полезного действия [4, 5]. При его сгорании не образуются соединения серы, а содержание в отработавших газах оксидов азота меньше, чем в других газообразных топливах за счет более низкой температуры горения. Благодаря более полному сгоранию в двигателе не образуется нагар и частицы сажи, снижается шум при его работе. Цена его превышает цену традиционных видов топлива и это сдерживает его применение.

Использование в качестве моторного топлива продуктов из органического (растительного) сырья целесообразно с точки зрения возобновляемости сырьевых ресурсов [6,7]. Они не содержат соединений серы и образуют при сгорании гораздо меньше вредных веществ, таких как монооксид углерода, многоатомные углеводороды, сажа, оксиды азота. Выделяющееся при их сгорании количество диоксида углерода численно равно количеству этого соединения, поглощенного при развитии растений, служащих сырьем для получения топлива, то есть общее количество диоксида углерода в атмосфере не увеличивается.



Поэтому наиболее перспективным направлением замещения нефтяных топлив альтернативными продуктами представляется использование в качестве горючего для двигателей внутреннего сгорания топлив, получаемых из биологического сырья. Исследование целесообразности его использования в качестве моторного топлива и возможности осуществления транспортно-складских и заправочных операций при обеспечении мобильной техники этим топливом является актуальной научной задачей, имеющей важное практическое значение.

Одним из распространенных видов топлива из растительного сырья считается этанол, что объясняется простотой его получения. В настоящее время мировым лидером в производстве биотоплива из зерна являются США. Очень широко этиловый спирт применяется в качестве моторного топлива в Бразилии, где для его получения используют отходы сахарного тростника. Бразилия, занимающая первое место в мире по производству сахарного тростника, экспортирует и биоэтанол, и технологии по его производству [8]. На Западе получили распространение спирто-бензиновые смеси E85 (с содержанием спирта 85%) и E10 (с содержанием спирта 10%). Смесь E85 требует модернизации топливной системы автомобиля, а для смеси E10 такой переделки не нужно, хотя добавка 10% снижает содержание в отработавших газах оксида углерода в среднем на 15%, увеличивает октановое число, уменьшает выбросы парниковых газов почти на 20%. Исследования смесевых топлив на основе этанола проводились и в России [9], однако широкого распространения такие топлива пока не получили. К недостаткам использования этилового спирта относятся необходимость переделки топливной системы двигателя, а также высокая токсичность спирта, особенно метилового, и коррозионная активность и агрессивность спиртовых топлив по отношению к алюминиевым сплавам, резинам и другим конструкционным материалам.

**Цель исследования** – показать перспективы применения биотоплива при эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники.

Анализ перспектив использования возобновляемых источников энергии для производства моторных топлив для дизельных двигателей свидетельствует о преимуществах растительных масел. Растительные масла могут применяться как самостоятельное топливо для дизелей, так и в смесях с дизельным топливом, а также перерабатываются в метиловый, этиловый или бутиловый эфиры, использующиеся как самостоятельное биотопливо или как смесевые топлива (в смеси с дизельным или другими альтернативными топливами).

Сырьем для биотоплива служат растительные масла, которые не требуют для своего изготовления сложного оборудования, их можно получать путем прессования без химической обработки. Вырабатываемые из семян масличных растений масла нетоксичны и неогнеопасны, не содержат соединений серы, их применение не вызывает выделения избыточных парниковых газов в атмосферу. Растительные масла имеют достаточно высокую теплоту сгорания, сопоставимую с теплотой сгорания дизельного топлива.

В качестве биотоплива могут использоваться разнообразные растительные масла: рапсовое, кукурузное, льняное, хлопковое, соевое, пальмовое, арахисовое, оливковое и т.д. Всего в мире насчитывается свыше 150 видов масленичных растений.

В настоящее время наибольшую долю в мировом производстве растительных масел имеют: соевое масло (25%), пальмовое (23%), рапсовое (15%), остальные масла (подсолнечное, арахисовое, хлопковое, кокосовое, пальмовое, кукурузное и прочие) менее 10% каждый [10]. В России наиболее распространенным растительным маслом является подсолнечное. Объем его производства превышает 80% от общего объема производства растительных масел. Это масло интересно еще и потому, что производство биодизельного топлива может быть выполнено из отработанного фритюрного подсолнечного масла, широко применяемого в пищевой промышленности. Результаты проведенных исследований подтверждают возможность использования в дизельных двигателях биодизельных топлив, получаемых из растительных масел [11].

Для получения биодизельного топлива из растительных масел в Европе служит рапс, в США – соя, Канаде – канола, Индонезии и Филиппинах – пальмовое и кокосовое масла, в Индии – ятрофа, Африке – соя и ятрофа, Бразилии – касторовое масло. Выбор масла в основном обусловлен его распространенностью в данной стране и слабо связан с выходом масла из семян масленичной культуры.

В последние годы исследуются масличные и эфиромасличные культуры пищевого и непищевого назначения. Популярными считаются хлопчатник, лён, кориандр, горчица, рыжик яровой (посевной), кунжут, сафлор красильный, арахис, клещевина обыкновенная (кастор), ятрофа, пальмовое и кокосовое масла и др. Многие из этих растений используются в пищевых целях. В связи с этим для производства биодизельного топлива необходим поиск новых перспективных растений – источников жирных кислот, масло которых не применяется в пищевых производствах. В России и других странах для расширения возможностей получения более дешёвых видов биодизельного топлива изучаются следующие виды растений: рыжик яровой, виды борщевика, сафлор красильный, виды дурнишника, амарант хвостатый, виды гулявника, ярутка полевая, виды желтушника, клоповник полевой, конрингия восточная, цикорий обыкновенный, фенхель обыкновенный, огуречник лекарственный, виды рода чернушка (чёрный тмин). Указанные виды в основном являются сорными однолетниками, некоторые обладают лекарственными свойствами и/или ядовиты. Затраты на выращивание сорных растений минимальны, семенная продуктивность их довольно высока (50-80 тыс. семян на одном растении), а выход масла составляет от 10 до 60%.

Одной из перспективных маслических культур является рыжик – масличная культура, относящаяся к семейству капустных [12]. В промышленных масштабах выращивается в Западной и Восточной Сибири, на небольших площадях эта культура возделывается в европейской части России, в Швеции, Германии, Франции, Бельгии, Нидерландах. Рыжик практически не поражается вредителями и болезнями, что снижает затраты на его выращивание и делает производство экологически безопасным. Урожайность семян рыжика (6-20 ц/га) ниже, чем рапса (10-30 ц/га), но более стабильная, масличность достигает значений ярового рапса (до 41%). А жмых можно использовать в кормах для животных.

Кроме распространенных рапса, сои, подсолнечника, кукурузы и льна, к перспективным маслическим культурам относятся малораспространённые непищевые маслические культуры: идау, молочай, крамбе, масличная редька, хлорелла.

Посевные площади для выращивания необходимого количества маслических культур ограничены. Использование пашни не для получения продовольственного сырья, а на технические цели нежелательно. Массовое производство биодизельного топлива из растительных масел пищевого назначения приводит к конкуренции за сырьё с производством продуктов питания. Использование кулинарных жиров, поставляемых из кафе и ресторанов, дешевле, однако их ресурсы нестабильны. Поиск различных видов недорогого сырья для создания долгосрочного рентабельного и стабильного производства биодизельного топлива является важной задачей.

В качестве сырья для приготовления биотоплива в условиях России предлагался рапс, обладающий рядом достоинств как сельскохозяйственная культура. Применение чистого рапсового масла в качестве топлива для дизелей требует доработки двигателя и его адаптации для работы на этом продукте. Необходимость усовершенствований системы питания дизеля связана с различиями физико-химических свойств рапсового масла и дизельного топлива. Кроме того, при использовании чистого рапсового масла увеличивается нагарообразование на поршнях и стенках камеры сгорания [13]. Большая вязкость чистого рапсового масла осложняет его применение в двигателях в условиях низких температур окружающего воздуха, однако при повышении температуры топлива до 70-90°C его вязкость снижается до значений, обеспечивающих фильтруемость и прокачиваемость в топливной системе низкого давления. Указанный диапазон температур соответствует диапазону температур охлаждающей жидкости у двигателя после его прогрева, что и используют для

подогрева смесового топлива. Возможен подогрев биотоплива от отработавших газов двигателя. Метилловый эфир рапсового масла (МЭРМ) по своим физико-химическим свойствам и эксплуатационным характеристикам довольно близок к дизельному топливу. При его использовании не нужен подогрев топлива, а отложений в цилиндрах двигателя образуется гораздо меньше, чем при использовании чистого рапсового масла и смесового биотоплива.

МЭРМ как топливо широко применялся в различных странах Западной Европы. Особенно широко применялся МЭРМ в Германии, где его производили 3,5 миллиарда литров в год. Здесь же изучались экологические свойства биотоплив [14]. Исследования показали, что при переводе дизеля с дизельного топлива на МЭРМ концентрация оксида углерода в ОГ снижается на 20%, концентрация углеводородов – на 55%, в том числе полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) – более чем в два раза, дымность ОГ – на 2 ед. по шкале Боша. Наряду с этим отмечалось повышение выбросов оксидов азота на 17,5%, но в целом работа дизеля на МЭРМ характеризуется низкой суммарной токсичностью отработавших газов.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Проводились исследования физико-химических свойств различных масел и их эфиров, а также некоторых видов смесового биотоплива – смесей дизельного топлива с рапсовым маслом, с метилловым эфиром рапсового и подсолнечного масла. При этом определялись: кинематическая вязкость; кислотность; содержание свободной воды; температура помутнения; температура застывания; содержание фактических смол, фракционный состав и другие показатели.

Идентификация веществ, полученных при перегонке масла, осуществлялась с помощью инфракрасной спектроскопии. Прибор: ИК-спектрометр фирмы Bruker EQUINOX 55/s (с Фурье-преобразованием); спектры снимались в диапазоне 4000 - 400 см<sup>-1</sup> с разрешением 2 см<sup>-1</sup>, затем обрабатывались с помощью программы Origin Graph.

Образцы для спектроскопии готовились в виде 10% раствора смеси рапсового масла с дизельным топливом в четыреххлористом углероде (CCl<sub>4</sub>). Раствор заливался в кювету для ИК-спектроскопии из NaCl (толщина слоя 0,6 мм), вторая кювета для сравнения была заполнена чистым растворителем (CCl<sub>4</sub>).

**Результаты исследований.** Возможность использования растительных масел и их эфиров в качестве моторного топлива определяется их физико-химическими свойствами. Все растительные масла являются горючими и могут применяться в качестве моторных топлив. Однако низкая испаряемость и высокая вязкость исключает их использование в бензиновых двигателях, но они могут применяться в качестве топлива для дизелей. Температура их самовоспламенения (280–320°С) немного превышает температуру самовоспламенения дизельного топлива (230–300°С), при этом цетановое число растительных масел сопоставимо с цетановым числом дизельного топлива (40–55) [6] (табл. 1).

Проведены исследования фракционного состава различных биотоплив. Кривые фракционной разгонки метилловых эфиров рапсового и подсолнечного масла и дизельного топлива приведены на рис. 1.

Таблица 1. Физико-химические свойства растительных масел

Физико-химические свойства	Масла							
	рапсовое	подсолнечное	соевое	пальмовое	оливковое	хлопковое	арахисовое	
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	916	923	924	918	914	919	917	
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с при								
	20°C	75,0	65,2	-	-	-	81,5	
	40°C	36,0	30,7	32,0	-	-	36,5	
100°C	8,1	7,4	7,7	8,6	8,4	7	8,3	
Цетановое число	36	33	50	49	-	-	37	
Теплота сгорания низшая, МДж/кг	37,3	37,0	36-39	37,1	-	-	37,0	
Температура самовоспламенения °C	318	320	318	315	285	316	-	
Температура застывания, °C	- 20	- 16	- 12	+ 30	- 12	- 18	-	
Содержание серы, % (масс.)	0,002	-	-	-	-	-	-	
Содержание, % по массе								
	С	78,0	77,6	77,5	77,6	-	77,1	78,0
	Н	10,0	11,5	11,5	12,0	-	11,7	12,3
О	12,0	10,9	11,0	11,4	-	11,2	9,7	
Кислотность, мг КОН/100 мл топлива	4,66	2,14	0,03	0,17	5,90	0,23	-	
Коксуемость 10%-ного остатка, % (не более)	0,40	0,51	0,44	-	0,20	0,23	-	

Примечание: «-» - свойства не определялись

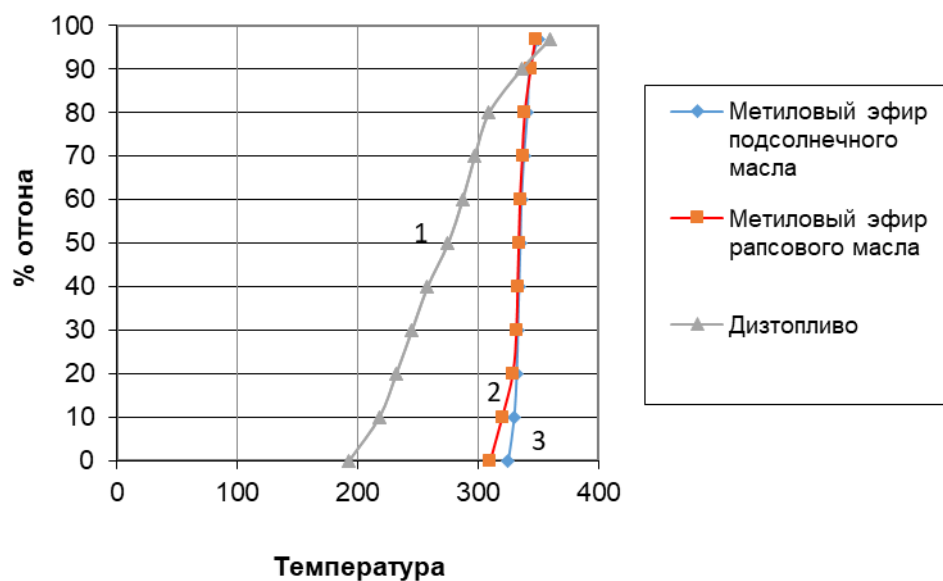


Рис. 1. Зависимость количества испарившегося топлива от температуры разгонки: 1 – дизельное топливо; 2 – метиловый эфир рапсового масла; 3 – метиловый эфир подсолнечного масла

Как видно из рис. 1, фракционный состав двух исследованных эфиров очень близок, но отличается от дизельного топлива более высокой температурой начала перегонки и узким диапазоном фракционирования: дизельное топливо выкипает в пределах от 190 до 340°C, а эфиры растительных масел имеют диапазон перегонки от 310 до 360°C, поэтому эфиры имеют большую вязкость и плотность по сравнению с дизельным топливом. Указанные отличия физических свойств метиловых эфиров растительных масел от свойств дизельного топлива оказывают влияние на параметры топливоподачи и, следовательно, на показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизеля. В работе [15] проводились испытания работы дизеля на смеси дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла различных концентраций. Установлено, что экологические показатели улучшаются – уменьшаются выброс оксидов азота в отработавших газах – на 3,9%, монооксида углерода – на 22%, углеводородов – на 19%, снижается дымность, при этом отмечено, что несколько увеличился удельный расход топлива и снизился КПД дизеля.

Были проведены эксперименты по перегонке рафинированного рапсового масла и его смесей с дизельным топливом (содержание рапсового масла 10%, 20% и 50%). Перегонка осуществлялась в соответствии с ГОСТ 2177-99 «Метод определения фракционного состава дизельного топлива». Однако этот метод не может быть применен к смесевым топливам на основе растительных масел.

При нагревании рапсового масла в колбе перегонного аппарата АФСА (анализатор фракционного состава автоматический) происходит необратимая химическая реакция, и в приемнике конденсируется подвижная ярко-зеленая жидкость с характерным резким, неприятным запахом, при этом выделяется едкий дым, раздражающий слизистую оболочку глаз и носоглотки. В перегонной колбе остается черный густой субстрат.

Для идентификации вещества использовался метод инфракрасной спектроскопии. На рис.2 представлен ИК-спектр 10% раствора в  $\text{CCl}_4$  смеси рапсового масла и дизельного топлива (50:50). Интенсивные полосы в области 2800 – 3000 и 1400 - 1500  $\text{см}^{-1}$  характерны для всех углеводородов, это дизельное топливо. Также хорошо видна полоса 1746  $\text{см}^{-1}$ , характерная для валентных колебаний группы  $\text{C}=\text{O}$  сложных эфиров, и полоса 1162  $\text{см}^{-1}$ , характерная для валентных колебаний  $\text{C}-\text{O}$  сложных эфиров. Это подтверждает наличие в смеси рапсового масла, представляющего собой сложный эфир различных непредельных кислот (олеиновой, линолевой, пальмитиновой и др.).

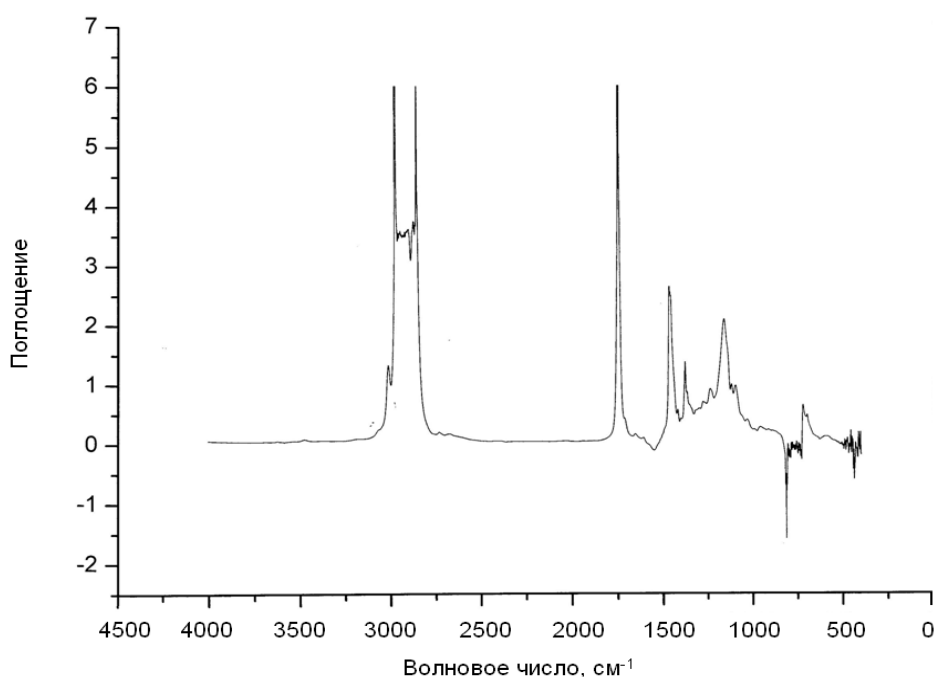


Рис.2. Инфракрасный спектр смеси 50% рапсового масла и дизельного топлива

На рис. 3 представлен ИК-спектр продукта термоллиза рапсового масла (ярко-зеленой жидкости). На спектре отчетливо видно изменение формы полосы, характерной для углеводородов:  $2800 - 3000 \text{ см}^{-1}$  и полосы в области  $1700 \text{ см}^{-1}$ : появилась полоса  $1711 \text{ см}^{-1}$ ; это полоса характерна для непредельных органических кислот (область  $1715-1609 \text{ см}^{-1}$ ), интенсивная изумрудно-зеленая окраска этого вещества указывает на наличие сопряженных двойных связей.

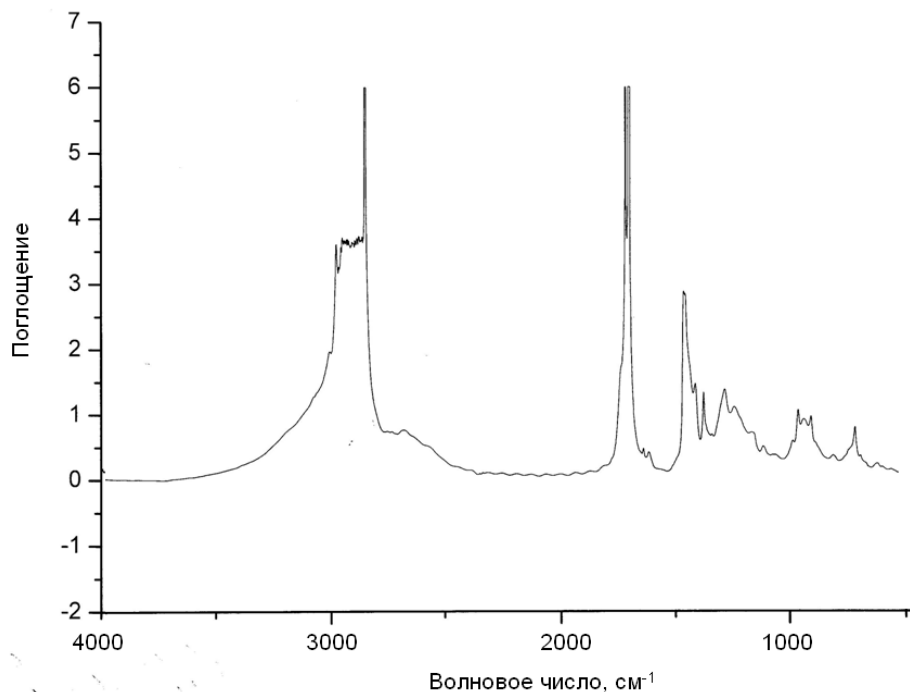


Рис. 3. Инфракрасный спектр продукта термоллиза рапсового масла

При перегонке смесей рапсового масла и дизельного топлива сначала наблюдалось выделение легких фракций дизельного топлива, но затем начиналось выделение едкого дыма и образование ярко-зеленой жидкости, причем для различных смесей этот процесс происходил на разных стадиях перегонки: для смеси с содержанием рапсового масла 10% – при отгоне 86%, для смеси с содержанием 20% рапсового масла – при отгоне 76%, для смеси 50% рапсового масла – после 46% отгона при  $t = 315^\circ\text{C}$ .

В литературе имеются отрывочные сведения о продуктах термоллиза рапсового масла, упоминается об их агрессивности, но практически не исследованы химические свойства отработавших газов двигателей, работающих на рапсовом масле. Имеющиеся методы экспресс-контроля отработавших газов двигателей определяют лишь суммарное количество углеводородов, CO и окислов азота. Между тем токсичность отдельных веществ, образующихся при сгорании рапсового и других растительных масел, может оказаться во много раз больше, чем отработавшие газы двигателя на дизельном топливе.

Проводилось также исследование взаимодействия различных конструкционных материалов с различными видами биотоплива: рапсовым маслом, смесевым топливом на основе рапсового масла (содержание рапсового масла в дизельном топливе 25%, 50% и 75%), МЭРМ, МЭПМ и смесевое топлива на основе МЭПМ (соотношение метилового эфира подсолнечного масла в дизельном топливе 5%, 10%, 25% и 50%). Методика исследования коррозионного воздействия топлива на конструкционные материалы описана в работе [16].

Для определения коррозионного воздействия различных видов биотоплив на металлы использовались пластинки, изготовленные из конструкционной стали марки Ст.3, ГОСТ

19903-90, с полированной поверхностью, которые помещались в сосуды с испытуемым топливом и выдерживались в течение 288 часов (12 суток) при температуре 50°C. Коррозионные повреждения определялись визуально. Осмотр пластинок показал, что следов коррозии на поверхности пластинок нет, продуктов окисления металла не обнаружено. Это свидетельствует о стойкости конструкционной стали к воздействию биотоплив при повышенной температуре. Аналогичные результаты получены при длительных испытаниях в течение 6 месяцев при температуре 25°C.

Из неметаллических материалов, используемых в конструкции нефтескладского и заправочного оборудования, широкое применение получили изделия из нитрильной резины марки НО68-2 (рукава различного назначения). При проведении испытаний образцы помещались в сосуды с топливом при температуре 50°C.

Данные, полученные в результате проведения испытаний, приведены в табл. 2, 3.

Таблица 2. Изменение массы резины НО68-2 при взаимодействии с различными видами топлива

Среда	Продолжительность контакта, ч.									
	0	144	216	288	360	456	624	792	864	936
	Масса образцов после контакта, г									
Дизельное топливо	2,9455	2,9734	2,9725	2,9674	2,9718	2,9652	2,9660	2,9645	2,9735	2,9648
Рапсовое масло	2,8765	2,6912	2,6968	2,6987	2,7033	2,7097	2,7220	2,7347	2,7426	2,7443
25% РМ +75% ДТ	2,8746	2,8462	2,8557	2,8726	2,8957	2,9194	2,9762	3,0255	3,0615	3,0755
50% РМ +50% ДТ	3,0149	2,9225	2,9292	2,9298	2,9389	2,9472	2,9763	3,0159	3,0277	3,0370
75% РМ +25% ДТ	3,0627	2,9206	2,9270	2,9271	2,9356	2,9447	2,9688	2,9954	3,0055	3,0108
МЭРМ	2,8680	3,2483	3,3394	3,3964	3,4593	3,5189	3,6285	3,7017	3,7241	3,7284
МЭМП	2,8386	3,2947	3,4320	3,5520	-	-	-	-	-	-
5%МЭПМ + ДТ	3,0116	3,0760	3,0858	3,0979	-	-	-	-	-	-

Обозначения: РМ – рапсовое масло, ДТ – дизельное топливо, МЭРМ – метиловый эфир рапсового масла; МЭПМ – метиловый эфир подсолнечного масла

Таблица 3. Изменение линейных размеров резины НО68-2 при взаимодействии с различными видами топлива

Среда	Продолжительность контакта, ч		
	0	288	936
	Размеры образца (длина x ширина), мм		
ДТ	49,6 x 24,7	50,0 x 24,8	49,9 x 24,9
Рапсовое масло	50,0 x 24,6	48,7 x 24,0	48,8 x 24,0
25% РМ +75% ДТ	49,9 x 24,6	50,3 x 24,6	51,2 x 25,0
50% РМ +50% ДТ	49,6 x 25,7	49,5 x 25,5	49,9 x 25,7
75% РМ +25% ДТ	49,8 x 26,1	49,6 x 25,6	49,4 x 25,8
МЭРМ	49,9 x 24,7	53,9 x 25,8	55,8 x 26,5
МЭПМ	49,6 x 24,3	54,3 x 26,0	-
5% МЭПМ + ДТ	50,0 x 25,2	50,6 x 26,6	-

Примечание: «-» - испытания не проводились

Из приведенных данных видно, что масса и линейные размеры образцов резины после контактирования с дизельным топливом, рапсовым маслом и смесевым топливом изменились незначительно. В то же время образцы, контактировавшие с МЭРМ и МЭПМ, значительно изменяются в результате набухания резины. Так, при взаимодействии с МЭРМ наблюдается увеличение массы образца резины НО68-2 после 12 сут. контакта на 18,4%, а после 39 сут. контакта – на 30%, площадь образца увеличивается, соответственно, на 12,8% за 12 сут. и на 20% за 39 сут. Аналогичные результаты получены для МЭПМ: за 12 сут. масса образца увеличилась на 20%, а площадь – на 17,5%. Полученные результаты обусловлены составом МЭРМ и МЭПМ, они относятся к классу сложных эфиров и обладают высокой химической активностью.

Оценка защитных свойств антикоррозионных покрытий технологического оборудования при транспортных, складских и заправочных операциях проводилась путем испытаний металлических пластинок из Ст. 10, ГОСТ 1050-88, с нанесенным на них покрытием из топливостойкой фенолалкидной эмали ФА-5278.

Испытания проводились в соответствии с принятой методикой [16]. Каждый цикл испытаний был продолжительностью 2 сут. и включал 2 этапа: выдерживание образца при температуре  $t = 60 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 8 ч и постепенное охлаждение до комнатной температуры в течение 16 ч, после чего охлаждались до  $t = -20^\circ\text{C}$ ; затем образцы выдерживались при температуре  $t = -20 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 8 ч, после чего нагревались до комнатной температуры в течение 16 ч. Периодически производился осмотр состояния защитных покрытий.

Испытания показали, что у образцов, помещенных в дизельное топливо, даже после шести циклов испытаний изменения внешнего вида защитного покрытия отсутствуют (рис. 4, б), а в случае МЭРМ и МЭПМ наблюдалось набухание и вспучивание защитного покрытия практически по всей поверхности образца (рис. 4, в и 4, г), т.е. это покрытие не выдерживает контакта с эфирами.

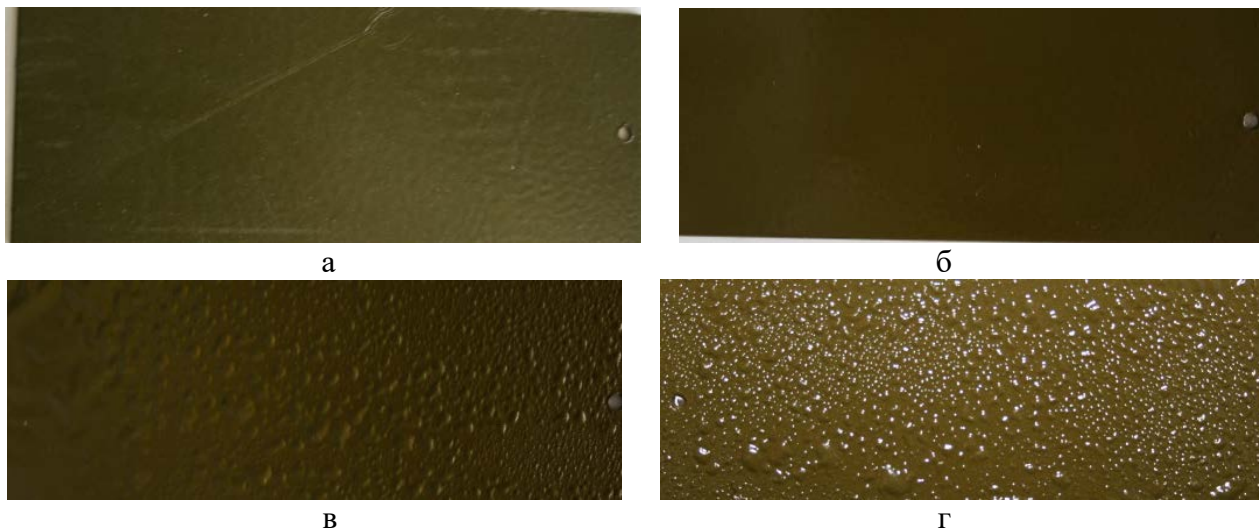


Рис. 4. Результаты воздействия различных видов биотоплива на покрытие из фенолалкидной эмали ФА-5278: а – образец до испытаний; б – после 6 циклов испытаний в дизельном топливе; в – после 3 циклов испытаний в МЭРМ; г – после 9 циклов испытаний в МЭПМ

В результате проведенных испытаний установлено, что смесевые биотоплива на основе рапсового масла, МЭРМ и МЭПМ не оказывают существенного влияния на детали, изготовленные из конструкционной стали. Резинотехнические изделия не выдерживает даже сравнительно кратковременного контакта с МЭРМ и МЭПМ. Прокладочные и уплотнительные детали оборудования, предназначенного для операций с эфирами, можно заменить тетрафторэтиленом (фторопластом), который обладает высокой химической стойкостью практически ко всем химически активным и агрессивным жидкостям, в том



числе и к эфирам, а вместо резинотканевых напорных, всасывающих и раздаточных рукавов для работы с МЭРМ и МЭПМ целесообразно использовать металлорукава типа СРГС, представляющими собой сильфон из нержавеющей стали с наружной проволоочной защитной оплеткой.

**Выводы.** Очевидно, в ближайшее время будет одновременно развиваться производство различных видов альтернативных топлив, в первую очередь из биологического сырья. Однако применение биотоплив из-за их физико-химических свойств имеет ряд особенностей, что требует замены некоторых материалов в топливном оборудовании.

### Литература

1. **Марков В.А., Козлов С.И.** Топлива и топливоподача многотопливных и газодизельных двигателей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 296 с.
2. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В. и др.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах: учебное пособие. – М.: Легион-Авто дата, 2008. – 464 с.
3. **Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г.** Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование: справочное издание; В 3-х книгах. – М.: Теплотехник, 2004. – 608 с.
4. **Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А.** Топливная аппаратура и системы управления дизелей. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 344 с.
5. **Fleisch, T.** A New Clean Diesel Technology: Demonstration of ULEV Emissions on a Navistar Diesel Engine Fueled with Dimethyl Ether / Fleisch T., McCarthy C, Basu A. [e.a.] // SAE Technical Paper Series. – 1995. – N. 950061. – P. 1-10.
6. **Марков В.А., Девянин С.Н., Семенов В.Г. и др.** Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях. – М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2011. – 536 с.
7. **Шахов А.В.** Биотопливо нового поколения // Сельский механизатор. – 2008. – № 9. – С. 33.
8. **Инновационное развитие** альтернативной энергетики: науч. изд. – Ч. 1 – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 348 с.
9. **Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Нагорнов С.А. и др.** Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 68 с.
10. **Нагорнов С.А., Зазуля А.Н., Мещерякова Ю.В.** Тенденции развития технологий производства биодизельного топлива: науч. изд. – М.: ФГБН «Росинформагротех», 2017. – 172 с.
11. **Марков В.А., Девянин С.Н., Нагорнов С.А.** Применение смесевых биотоплив на основе метиловых эфиров растительных масел в транспортных дизелях // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2012. – Т.12. – №4. – С. 9-14.
12. **Гаврилова В.А., Конькова Н.Г., Нагорнов С.А., Романцова С.В.** Рыжик – перспективная масличная культура для производства биодизельного топлива // Агро XXI. – 2013. – №1-3. – С. 43-44.
13. **Семёнов В.Г., Васильев И.П.** Экономические и экологические показатели дизеля при работе на биодизельных топливах разных сортов // Грузовик &. – 2007. – № 12. – С. 37-40.
14. **Weidman, K.** Rapsoel-Methylester im Dieselmotor / Weidman K., Menzad H. // MTZ. – 1989. – Jg. 50. – N.2. – S. 69-73.
15. **Марков В.А., Девянин С.Н., Улюкина Е.А.** Метиловый эфир подсолнечного масла как экологический компонент нефтяных моторных топлив // Транспорт на альтернативном топливе. – 2015. – № 4(46). – С. 29-41.
16. **Улюкина Е.А., Коваленко В.П., Пуляев Н.Н.** Взаимодействие различных видов биотоплива на основе рапсового масла с конструкционными материалами // Международный научный журнал. – 2010. – № 3. – С. 88-91.

### Literatura

1. **Markov V.A., Kozlov S.I.** Topлива i toplivopodacha mnogotoplivnyh i gazodizel'nyh dvigatelej. – M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Baumana, 2000. – 296 s.
2. **Markov V.A., Gajvoronskij A.I., Grekhov L.V. i dr.** Rabota dizelej na netradicionnyh toplivah: uchebnoe posobie. – M.: Legion-Avto data, 2008. – 464 s.
3. **Lisienko V.G., SHCHelokov YA.M., Ladygichev M.G.** Topливо. Racional'noe szhiganie, upravlenie i tekhnologicheskoe ispol'zovanie: spravochnoe izdanie; V 3-h knigah. – M.: Teplotekhnik, 2004. – 608 s.
4. **Grekhov L.V., Ivashchenko N.A., Markov V.A.** Toplivnaya apparatura i sistemy upravleniya dizelej. – M.: Legion-Avtodata, 2005. – 344 s.
5. **Fleisch, T.** A New Clean Diesel Technology: Demonstration of ULEV Emissions on a Navistar Diesel Engine Fueled with Dimethyl Ether / Fleisch T., McCarthy C, Basu A. [e.a.] // SAE Technical Paper Series. – 1995. – N. 950061. – P. 1-10.
6. **Markov V.A., Devyanin S.N., Semenov V.G. i dr.** Ispol'zovanie rastitel'nyh masel i topliv na ih osnove v dizel'nyh dvigatelyah. – M.: OOO NIC «Inzhener», OOO «Oniko-M», 2011. – 536 s.
7. **SHahov A.V.** Biotoplivo novogo pokoleniya // Sel'skij mekhanizator. – 2008. – № 9. – S. 33.
8. **Innovacionnoe razvitie** al'ternativnoj energetiki: nauch. izd. – CH. 1 – M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2010. – 348 s.
9. **Fedorenko V.F., Buklagin D.S., Nagornov S.A. i dr.** Innovacionnye tekhnologii proizvodstva biotopliva vtorogo pokoleniya. – M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2009. – 68 s.
10. **Nagornov S.A., Zazulya A.N., Meshcheryakova YU.V.** Tendencii razvitiya tekhnologij proizvodstva biodizel'nogo topliva: nauch. izd. – M.: FGBN «Rosinformagrotekh», 2017. – 172 s.
11. **Markov V.A., Devyanin S.N., Nagornov S.A.** Primenenie smesevyh biotopliv na osnove metilovyh efirov rastitel'nyh masel v transportnyh dizelyah // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2012. – T.12. – №4. – S. 9-14.
12. **Gavrilova V.A., Kon'kova N.G., Nagornov S.A., Romancova S.V.** Ryzhik – perspektivnaya maslichnaya kul'tura dlya proizvodstva biodizel'nogo topliva // Agro XXI. – 2013. – №1-3. – S. 43-44.
13. **Semyonov V.G., Vasil'ev I.P.** Ekonomicheskie i ekologicheskie pokazateli dizelya pri rabote na biodizel'nyh toplivah raznyh sortov // Gruzovik &. – 2007. – № 12. – S. 37-40.
14. **Weidman, K.** Rapsoel-Methylester im Dieselmotor / Weidman K., Menzad H. // MTZ. – 1989. – Jg. 50. – N.2. – S. 69-73.
15. **Markov V.A., Devyanin S.N., Ulyukina E.A.** Metilovyy efir podsolnechnogo masla kak ekologicheskij komponent neftyanyh motornyh topliv // Transport na al'ternativnom toplive. – 2015. – № 4(46). – S. 29-41.
16. **Ulyukina E.A., Kovalenko V.P., Pulyaev N.N.** Vzaimodejstvie razlichnyh vidov biotopliva na osnove rapsovogo masla s konstrukcionnymi materialami // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal. – 2010. – № 3. – S. 88-91.

УДК 631.371

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14193

Аспирант **А.Ю. ПАНОВ**  
Канд. техн. наук **В.С. АНДРОЩУК**  
(ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, vandroshuk@tvgscha.ru)

### ВЫБОР ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОПОРНЫХ КОЛЕС АГРЕГАТИРУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Большинство развитых европейских стран задают тенденцию ограничения или полного отказа от автомобилей и технологических машин, силовой установкой которых являются дизельные двигатели. Прежде всего, мотивируя нововведения невозможностью дальнейшего развития дизельных двигателей под ожесточающиеся экологические нормы [1]. В связи с этим ежегодно анонсируются и выпускаются в продажу легковые автомобили,

автобусы, грузовики, оснащенные электродвигателями. При этом государственные органы поддерживают такую инициативу, наделяя покупателей электромобилей особыми условиями и льготами. Это говорит о мировом признании введения электропривода в состав транспортных средств, технологических машин, тракторов и спецтехники и является актуальной задачей.

В настоящее время сельскохозяйственная техника совершенствуется в направлении активного использования электропривода в ее конструкции. Происходит замена неэффективных гидравлических линейных приводов линейными электрическими.

**Цель исследования** – организация работы электропривода в составе силовой установки машинно-тракторного агрегата.

Для осуществления поставленной цели требуется выполнение следующих задач: рассмотреть варианты установки электропривода в качестве вспомогательной силовой установки машинно-тракторного агрегата, определить основные проблемы проведения расчетных работ, рассмотреть необходимые исследования и эксперименты для объективной оценки показателей работы проектируемой установки, выявить особенности ведения эксплуатации машинно-тракторного агрегата, оснащенного электроприводом, установить преимущества использования электропривода в составе силовой установки машинно-тракторного агрегата.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В продолжение указанной тенденции совершенствования сельскохозяйственных агрегатов предлагается использовать электропривод вращательного действия для передачи крутящего момента на опорные колеса агрегируемых машин. Данная разработка будет выполнена в виде мотор-колеса.

Исследования по разработке и созданию макетного образца, проведение лабораторных и полевых испытаний осуществлялись на базе инженерного факультета Тверской государственной сельскохозяйственной академии.

Для оценки работоспособности и возможности применения электромотора в составе силовой установки машинно-тракторного агрегата в качестве дополнительного привода необходимо провести следующие расчеты и исследования:

- установить количество потребляемой электроэнергии для определения возможности работы самого электропривода, а также для подбора аккумуляторной батареи или цепи батарей, генератора, сечения электропроводки;
- провести замер тягового усилия одного мотор-колеса для проведения оценки возможности замены трактора;
- разработать макетный образец машинно-тракторного агрегата;
- провести сравнительный анализ эксплуатационных показателей.

Основной проблемой внедрения электропривода в состав силовой установки машинно-тракторного агрегата является обеспечение его постоянным бесперебойным питанием, а также организация управления подачей электропитания и общим использованием оператором.

Помимо этого, при подборе или разработке электропривода, исходя из условий использования, следует руководствоваться IP-стандартами. IP (International Protection) – это международные стандарты защиты электрического и электротехнического оборудования от потенциально опасного воздействия окружающей среды. Защищенность электропривода, устанавливаемого на машинно-тракторный агрегат, должна соответствовать классу не менее IP66. В этом случае воздействие окружающей среды минимально повлияет на ресурс и эффективность электрической силовой установки в составе машинно-тракторного агрегата [2,3,4,5].

Также для улучшения эксплуатационных показателей и повышения экономической эффективности разработки необходимо максимально расширить диапазон использования электропривода для проведения различных типов сельскохозяйственных работ в зависимости от потребностей. Для этого определяется возможность использования

проектируемого мотор-колеса в составе специализированных машин таких работ, как: предпосевная обработка почвы, посевная и посадочная, уход за посевами, техника полива и орошения, внесение удобрений, работы по уборке урожая, транспортные работы.

**Результаты исследований.** Главным преимуществом внедрения разработки является снижение необходимого тягового усилия от трактора. Появляется возможность использования трактора меньшего тягового класса. В этом случае получается эффект снижения воздействия машинно-тракторным агрегатом на почву, улучшается равномерность высева, а также показатели маневренности. Дополнительный привод сельскохозяйственной машины позволит снизить буксование ведущих колес трактора, что положительно повлияет на качество проводимых работ. Также улучшаются экономические показатели путем снижения затрат на ремонт, обслуживание и хранение техники [6].

Конструктивно мотор-колесо представляет собой агрегат, объединяющий колесо и встроенные в него тяговый электродвигатель, силовую передачу и, в некоторых случаях, тормозную систему (таким образом, каждое мотор-колесо имеет индивидуальный привод) [6, 7].

На данный момент существуют различные варианты компоновки составляющих мотор-колеса. При анализе такой характеристики, как передача крутящего момента непосредственно с ротора электродвигателя на обод колеса и обратно (в случае организации рекуперативного торможения), можно разделить следующие группы:

- редукторные мотор-колеса;
- безредукторные мотор-колеса (прямой привод);

Как правило, в мотор-колесах используется один из классов механических редукторов – планетарный. Применение редукторного мотор-колеса имеет ряд особенностей:

- ограничивается его максимальная скорость;
- при использовании обгонной муфты мотор-колесо не создает дополнительного сопротивления при отключении электродвигателя;
- компактность;
- малый вес конструкции;
- низкая шумность работы;
- низкая себестоимость по отношению к прямому приводу;
- необходимость периодического обслуживания.

Безредукторное мотор-колесо с прямым приводом, по сравнению с редукторным, обладает рядом существенных преимуществ, а именно:

- простота и надежность конструкции;
- повышение КПД всей системы выше за счет отсутствия редуктора;
- возможность торможения двигателем в рекуперативном режиме;
- значительное увеличение максимальной скорости.

Однако для использования колеса в составе силовой установки машинно-тракторного агрегата менее важна максимальная скорость по сравнению с максимальным тяговым усилием.

Сравнивая оба типа колес, можно выделить ряд особенностей для мотор-колес с прямым приводом по сравнению с редукторным:

- при одинаковой мощности мотор-колесо с прямым приводом стоит дороже редукторного колеса;
- габариты и масса мотор-колеса с прямым приводом значительно больше;
- двигатель мотор-колеса оказывает сопротивление при вращении с отключенным питанием;
- более низкий пусковой момент при одинаковой мощности двигателя.

Принимая во внимание характеристики и параметры основных видов мотор-колеса, следует отметить, что наиболее оправдано с точки зрения показателей эффективности, а также экономического эффекта от внедрения разработки в состав машинно-тракторного агрегата использования редукторного мотор-колеса.

Важной задачей при выборе мотор-колеса является подбор максимального создаваемого тягового усилия. Подбор по этому параметру выполняется по следующим условиям:

- в зависимости от необходимого крутящего момента. При правильном подборе мотор-колеса по этому параметру крутящий момент мотор-колеса будет такой величины, что при использовании выбранной сельскохозяйственной машины произойдет полная компенсация разницы тягового усилия между трактором меньшего тягового класса и большего. Но при этом, не превышая максимальную величину тягового усилия, создаваемого трактором, чтобы исключить пробуксовку сельскохозяйственной машины и опережение трактора [6, 7, 8].

- необходимо учитывать угловую скорость вращения мотор-колеса. Данный параметр определяется исходя из требований технологических норм выполняемой операции и используемого сельскохозяйственного орудия.

**Выводы.** Вопрос использования электропривода в составе силовой установки машинно-тракторного агрегата в качестве дополнительного привода имеет высокую актуальность. Исходя из анализа рынка электрических двигателей на сегодняшний день наиболее выгодным с точки зрения технических характеристик, эксплуатационных показателей, стоимости, удобства установки и дальнейшего использования является редукторное мотор-колесо. При выборе мотор-колеса для конкретной технологической задачи необходимо руководствоваться рекомендациями, разработанными в процессе данного исследования.

### Литература

1. **Картошкин А.П., Беляков В.В., Минин В.Б.** Пути снижения негативного техногенного воздействия на агроэкосистемы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – Специальный выпуск. – С. 182-187.
2. **Картошкин А.П., Корабельников С.К.** Оценка возможности модернизации морально устаревшей автотракторной техники // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 16. – С. 169-172.
3. **Панов Ю.А., Скворцова О.В., Иванов А.А.** Изменение образовательных программ с учетом современных тенденций развития цифровых технологий в области высокоавтоматизированных транспортных средств // Учебно-методическая деятельность вуза в изменяющихся условиях реализации образовательных программ: сборник науч.-метод. статей по мат. Всероссийской науч.-метод. конференции. – 2018. – С. 35-38.
4. **Мигулёв П.И., Фаринюк Ю.Т., Глебова А.Г.** Инновационное развитие АПК Тверской области. – Тверь: Тверская ГСХА, 2013. – 176 с.
5. **Скворцова О.В., Панов Ю.А., Иванов А.А.** Анализ потенциала производства биодизельного топлива в условиях Тверской области // Повышение управленческого, экономического, социального, инновационно-технологического и технического потенциала предприятий и отраслей АПК: сборник науч. тр. по мат. Междунар. науч.-практ. конференции. – 2017. – С. 150-151.
6. **Смирнов А.Ю.** Улучшение экологических показателей автотракторных дизелей с применением метанола в качестве альтернативной топливной добавки при замещении дизельного топлива // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 41 – 1. С. – 144 – 147.
7. **Панов А.Ю., Шемякин А.В.** Адаптация системы питания дизеля для работы на метанола-рапсовой эмульсии в условиях низких температур // Актуальные вопросы применения инженерной науки: материалы Междунар. студенческой науч.-практ. конференции. /Министерство сельского хозяйства РФ/ Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – 2019. – С. 283-286.

8. **Панов Ю.А., Валеткин С.В.** Применение водорода в качестве топлива для двигателя внутреннего сгорания // Современные технологии агропромышленного производства: сб. науч. тр. / Тверская государственная сельскохозяйственная академия. 2009. – С. 58-60.

### Literatura

1. **Kartoshkin A.P., Belyakov V.V., Minin V.B.** Puti snizheniya negativnogo tekhnogenного воздействия на агроэкосистемы // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – Special'nyj vypusk. – S. 182-187.
2. **Kartoshkin A.P., Korabel'nikov S.K.** Ocenka vozmozhnosti modernizacii moral'no ustarevshej avtotraktorной техники // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – № 16. – S. 169-172.
3. **Panov YU.A., Skvorcova O.V., Ivanov A.A.** Izmenenie obrazovatel'nyh programm s uchetom sovremennyh tendencij razvitiya cifrovyyh tekhnologij v oblasti vysokoavtomatizirovannyh transportnyh sredstv // Uchebno-metodicheskaya deyatel'nost' vuza v izmenyayushchihsya usloviyah realizacii obrazovatel'nyh programm: sbornik nauch.-metod. statej po mat. Vserossijskoj nauch.-metod. konferencii. – 2018. – S. 35-38.
4. **Migulyov P.I., Farinyuk YU.T., Glebova A.G.** Innovacionnoe razvitie APK Tverskoj oblasti. – Tver': Tverskaya GSKHA, 2013. – 176 s.
5. **Skvorcova O.V., Panov YU.A., Ivanov A.A.** Analiz potenciala proizvodstva biodizel'nogo topliva v usloviyah Tverskoj oblasti // Povyshenie upravlencheskogo, ekonomicheskogo, social'nogo, innovacionno-tekhnologicheskogo i tekhnicheskogo potenciala predpriyatij i otraslej APK: sbornik nauch. tr. po mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. – 2017. – S. 150-151.
6. **Smirnov A.YU.** Uluchshenie ekologicheskikh pokazatelej avtotraktorных дизелей s primeneniem metanola v kachestve al'ternativnoj toplivnoj dobavki pri zameshchenii dizel'nogo topliva // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2018. – № 41 – 1. – S. 144 – 147.
7. **Panov A.YU., SHemyakin A.V.** Adaptaciya sistemy pitaniya dizelya dlya raboty na metanolopapsovoj emul'sii v usloviyah nizkih temperatur // Aktual'nye voprosy primeneniya inzhenerной науки: materialy Mezhdunar. studencheskoj nauch.-prakt. konferencii. / Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF/ Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva. – 2019. – S. 283-286.
8. **Panov YU.A., Valetkin S.V.** Primenenie vodoroda v kachestve topliva dlya dvigatelya vnutrennego sgoraniya // Sovremennyye tekhnologii agropromyshlennogo proizvodstva: sb. nauch. tr. / Tverskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya. 2009. – S. 58-60.

УДК 629.3.027.3

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14197

Канд. техн. наук **К.В. ФИЛИМОНОВ**  
(ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ», filimonkonst@mail.ru)

### РАЗРАБОТКА УЗЛА ПОДВЕСКИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

В настоящее время считается, что основное назначение внедорожных мототранспортных средств (ВМТС) – транспорт для осуществления рекреационной деятельности, однако история делает виток, и эти машины, изначально разработанные как средства механизации труда в крестьянских (фермерских) хозяйствах, рассматриваются и находят всё большее применение в качестве транспортных мобильных энергетических, тягово-технологических средств, имеющих высокий потенциал адаптации к существующим производственным процессам растениеводства, животноводства, охотустройства. Благодаря уникальным массогабаритным характеристикам, высоким показателям манёвренности и проходимости, энергонасыщенности 6 – 15 кВт/кН, развиваемому до 6 кН тяговому усилию,

в некоторых специфичных природно-производственных условиях мотовездеходы и снегоболотоходы уже стали незаменимыми [1, 2, 3].

Особенности производственных процессов и среды использования ВМТС, особенности их конструкции, специфика эксплуатации обуславливают необходимость в прицепном подвижном составе, способном умножить значимость этих машин для народного хозяйства и повысить эффективность технологий в отраслях [4]. Однако отечественным машиностроением прицепы категории SBO не выпускаются. Использование автоприцепов или прицепов тихоходных мини-тракторов и мотоблоков в составе с тягачом из ВМТС следует считать компромиссным решением, поскольку такие сцепки не соответствуют требованиям безопасности и эффективной организации транспортного процесса.

Важнейшими эксплуатационными свойствами транспортных поездов являются технологическая универсальность, вместимость, приспособленность к погрузочно-разгрузочным работам, тягово-скоростные и тормозные свойства, проходимость, управляемость, устойчивость. По причине непрерывных изменений организации и технологий производств, где могут быть использованы мотопоезда, требования к ним постоянно возрастают, и их эксплуатационные свойства должны улучшаться.

В связи с вышеизложенным и учитывая ежегодный 25 – 30% прирост рынка ВМТС в России, разработка конструкции прицепного подвижного состава, отвечающего требованиям специфики использования, представляет весьма актуальную задачу.

**Цель исследования** – разработка и создание узла подвески прицепа ВМТС, обеспечивающего необходимую энергоёмкость, демпфирующие свойства и широкие эксплуатационные возможности.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В целях обоснования рациональной конструкции прицепных транспортных средств для использования в составе поезда с тягачами из ВМТС проведён анализ особенностей производственных процессов и среды использования этих машин. Рассмотрены условия личного подсобного, сельского, лесного, охотничьего хозяйств, рекреационной деятельности людей и туристических организаций, специфика применения ВМТС в геологоразведке и добыче полезных ископаемых, в МЧС и Вооружённых силах Российской Федерации. Выявлены особенности транспортного использования ВМТС [5]:

- большую часть времени машина перевозит не менее двух человек;
- объём груза может достигать 2 м<sup>3</sup>;
- масса транспортируемого снаряжения и оборудования может превышать 250 кг;
- большое разнообразие перевозимых грузов: разногабаритные штучные грузы в упакованном виде (мешках, ящиках, бочках и др.); грузы в кипах и тюках; изделия в незатаренном виде или без упаковки; скоропортящиеся грузы;
- широкий ассортимент используемой тары;
- ограниченность машин по грузоподъёмности и грузоместимости;
- подверженность водителя, пассажира и груза непосредственному воздействию факторов внешней среды: осадки, грязь, ветер, холод, препятствия в виде веток и т.п.;
- передвижение в условиях стеснённого лесного бездорожья, пустынно-песчаной, горной местности;
- широкий диапазон скоростей, высокие динамические воздействия;
- вероятное увеличение сроков перевозки;
- преобладание маятниковых маршрутов.

Проанализирован уровень техники: серийно выпускаемых машиностроительной промышленностью изделий и прицепов кустарного производства, научно-технической и патентной документации. Задача состояла в определении приоритетов, поиске наиболее рациональных вариантов технических решений, исследовании альтернатив решений,

моделей использования продукта по иному назначению и иными целевыми аудиториями, оценке рисков и перспектив.

При проведении исследовательских работ применялся метод экспертных оценок, позволяющий соединить в процессе экспертизы теоретический анализ и субъективные, интуитивные мнения специалистов с целью получения обобщённой, интегрированной оценки и прогнозов.

Организация экспертного опроса предусматривала формирование экспертной группы, выбор и обоснование процедуры работы экспертов, выбор методов обработки результатов экспертных оценок.

Экспертная группа организована из числа студентов 2 - 3 курса и преподавателей кафедры «Тракторы и автомобили». Работа была организована по типу «мозговой штурм»: эксперты работали вместе по определенной специфичной методике, встречались 1 раз. Впоследствии была создана инициативная группа и работа проводилась в несколько туров методом «соотнесённой оценки» (фокус-группа, метод синектики).

При изучении тенденций, выявляемых в процессе экспертизы, интегрировании мнений экспертов, получении на этой основе нового знания, гипотез, решений, использовался обобщающий показатель – средняя арифметическая оценка классифицированных эксплуатационных свойств и качеств прототипов по балльной системе. Результаты работы фиксировались в виде эскизов, текстовых заметок, часть из них сведены в таблицы и реестры.

В ходе работы экспертных групп выдвинута гипотеза о возможности использования в составе мотопоезда автоприцепов и прицепов для тихоходных минитракторов и мотоблоков.

На основании анализа факторов системы «машина – водитель – поверхность – среда» сформулированы специфические требования к конструкции прицепного подвижного состава для внедорожных мототранспортных средств и методы их достижения, используемые в качестве критериев оценки аналогов.

1. Рациональность габаритных размеров.
2. Высокие показатели профильной проходимости.
3. Высокая опорно-цепная проходимость.
4. Рациональное устройство коммутационного оборудования.
5. Защищённость грузов от воздействия факторов внешней среды.
6. Высокая степень унификации, надёжности и долговечности, удобство обслуживания в процессе эксплуатации и ремонта.
7. Широкий диапазон скоростей передвижения (от минимально возможной по сложным участкам пути до 70 км/ч по дорогам общего пользования) и безопасность при совершении манёвров.
8. Соответствие нормативным требованиям для транспортных средств в части общественной и индивидуальной безопасности.
9. Инновационность.

Результаты трудов экспертной группы позволили разработать техническое решение перспективного узла подвески и сформулировать совокупность его существенных технических и технологических признаков, претендующие на соответствие условиям охранных объектов интеллектуальной собственности.

**Результаты исследований.** Обзор конструкции прицепных транспортных средств с возможностью их использования в составе мотопоезда (автомобильных прицепов, прицепов к тихоходным минитракторам и мотоблокам) показал, что подобные решения юридически правомочны, однако их следует считать компромиссными. Выпускаемые автопромышленностью прицепы общего назначения не пригодны для использования с мотовездеходами в стеснённых условиях лесного бездорожья и технологических проездов, в пустынно-песчаной, горной, заснеженной местности по причинам (рис. 1.):



- несоответствия габаритных размеров и колеи  $\Gamma_2 = (0,60 - 0,70) \Gamma_1$ ,  $K_2 = (0,60 - 0,65) K_1$ ;
- недостаточного дорожного просвета  $D_2 = (1,60 - 1,70) D_1$ ;
- малых углов переднего и заднего свеса  $Y_2 = (2,5 - 3,0) Y_1$ .

Прицепы тихоходных минитракторов и мотоблоков в большинстве своём не оснащены подвеской колёс либо имеют её в примитивном виде. Прицепы имеют ограничение по скорости эксплуатации 10 – 30 км/ч. Их использование с ВМТС не обеспечит требуемой плавности хода в широком диапазоне эксплуатационных скоростей, а в определённых ситуациях может нести опасность потери устойчивости и управляемости. Целесообразность подобной практики оправдана производственной необходимостью.

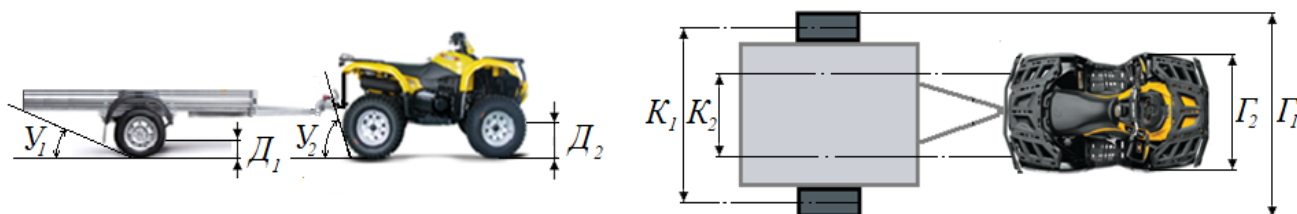


Рис. 1. Недостатки использования автомобильного прицепа с мотовездеходом

Проведённый анализ эксплуатационных свойств и качеств серийно выпускаемых машиностроительной промышленностью изделий и прицепов для ВМТС кустарного производства позволил сформулировать следующие выводы:

1. За рубежом внедорожные мототранспортные средства активно используются с прицепным подвижным составом общего назначения и специальным. Отечественными производителями автоприцепов выпускаются две-три модели, которые позиционируются на рынке как прицепы для ВМТС. Однако они имеют весьма невысокие характеристики, не соответствуют нормативным требованиям для транспортных средств в части общественной и индивидуальной безопасности и не сертифицированы как транспортные средства категории SBO [6].

2. Некоторые импортные модели прицепов отвечают практически всем сформулированным требованиям, однако их стоимость находится в диапазоне 4000 – 6000 долларов.

3. Семь из девяти критериев зависят напрямую или косвенно определяются особенностями устройства шасси прицепа, а именно – конструкцией подвески.

Результаты патентных исследований показали, что на настоящий момент очень сложно выделить конструкцию подвески, вполне отвечающую специфике использования на прицепе для внедорожных мототранспортных средств. Большинство предлагаемых технических решений ограничены применением унифицированной с автомобильными прицепами зависимой рессорной конструкции с присущими ей недостатками:

- большая общая масса, а также масса неподрессоренных частей;
- малый дорожный просвет из-за наличия поперечной балки;
- высокие центр тяжести прицепа и погрузочная высота;
- недостаточная устойчивость прицепа от скольжения и опрокидывания из-за

зависимости сцепных свойств одного колеса от перемещения другого.

Например, известна система подвески автомобиля US4982972A [7], включающая несущую систему, правое, левое колёса и листовые рессоры, закреплённые неподвижно к их оси, одна – над осью, вторая – под ней. Рессоры расположены продольно и параллельны друг другу. Недостатком технического решения является применение общей оси колёс, проходящей поперек продольной оси транспортного средства, что не позволяет получить

преимуществ независимой подвески, снижает дорожный просвет и сужает компоновочные и технологические возможности транспортного средства.

Некоторые ограничения в техническом решении US4982972A устранены в конструкциях, описанных в патентах US7537219B1 и РФ №2508998 [8, 9]. Российская разработка является наиболее близкой к заявляемому техническому решению по совокупности общих существенных признаков и достигаемому техническому результату. Конструкция подвески также опирается на рамную несущую систему, содержит листовые рессоры, имеющие на виде сверху продольную конфигурацию и расположенные параллельно одна над другой. Однако устройству-прототипу при всех его положительных качествах (высокая плавность хода транспортного средства за счёт обеспечения независимой работы рессорной подвески каждого колеса) свойственны определённые, частично оговоренные выше недостатки. Главный из них – отсутствует возможность изменения основных конструктивно-эксплуатационных параметров: дорожного просвета, углов переднего и заднего свеса.

В целях создания инновационной конструкции прицепа разработано шасси, которое имеет рамную несущую систему, грузовой кузов, разнесённые в одной плоскости правое и левое колёса, закрепляемые к раме посредством узлов подвески [10].

Узел независимой подвески каждого колеса (рис. 2) включает в себя продольные рессоры 1 и 2, закреплённые средними частями – неподвижно к консольной оси колеса 3, одна – над осью, вторая – под ней, а передними 4 и задними 5 концами – подвижно к кронштейнам 6 и 7 рамы 8; причём передними – шарнирно, а задними – шарнирно посредством серёг 9.

Положение кронштейнов 6 и 7 обусловлено винтовыми механизмами 10 и 11, привод которых в рассматриваемом случае осуществляется вручную ключом 12 с фасонной головкой для ограничения доступа к активации механизма привода. В выбранном положении кронштейны фиксируются фиксаторами 13.

Подвеска работает следующим образом. При взаимодействии колеса транспортного средства с опорной поверхностью динамическая нагрузка при наезде колеса на неровность передается рессорам 8, которые работают на сжатие и возвращают колесо в первоначальное положение, не влияя на отклонение и сцепные свойства другого колеса. Таким образом, за счёт обеспечения независимой работы рессорной подвески колёс прицепа достигается повышение плавности хода прицепа и тягача.

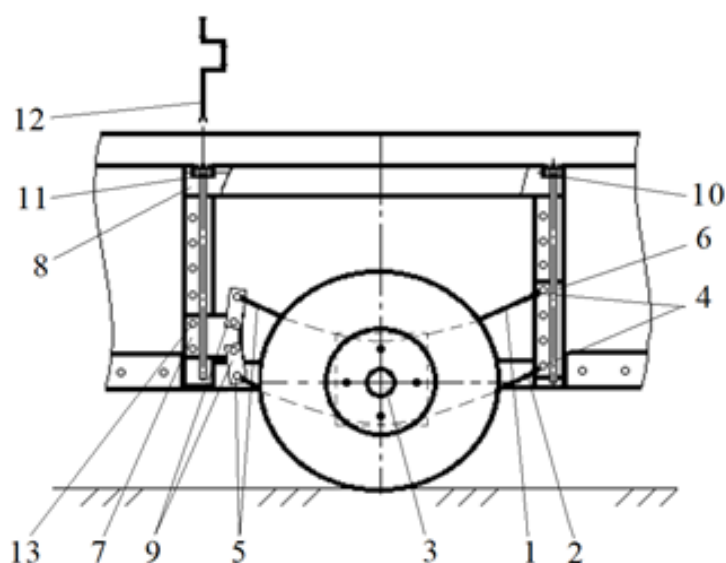


Рис. 2. Схема узла подвески: 1, 2 – рессоры; 3 – консольная ось колеса; 4, 5 – передние и задние концы рессор; 6, 7 – кронштейны; 8 – рама; 9 – серёга; 10, 11 – винтовой механизм; 12 – ключ; 13 – фиксатор

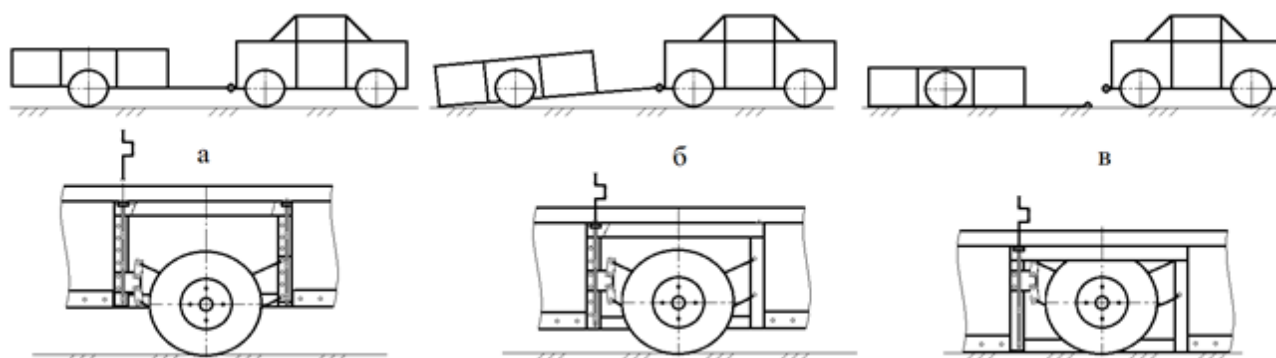


Рис. 3. Схематичное изображение (общий вид и фрагмент вида сбоку) вариантов настройки ходовой части прицепа для: а – эксплуатации с максимальным дорожным просветом; б – удобства погрузки-разгрузки; в – хранения при минимальных габаритных размерах с защитой от несанкционированного использования

Повышение профильной проходимости прицепа (рис. 3, а), регулирование погрузочной высоты (рис. 3, б), устранение дорожного просвета для защиты от несанкционированного использования (рис. 3, в) осуществляется вертикальным перемещением кронштейнов 6 и 7 винтовыми механизмами 10 и 11 следующим образом: расфиксировав фиксаторы 13 кронштейнов 6 и 7, соединяют ключ 12 с ответной фасонной головкой винта 11 и его ввинчиванием в кронштейн 7 перемещают сам кронштейн и соединённые с ним посредством серёг 9 задние концы рессор 5, увлекая вверх закреплённую на рессорах ось колеса. Подняв задние концы рессор, винтовым механизмом 10 поднимают передние концы рессор, обеспечивая дальнейшее перемещение колеса относительно рамы 8. В выбранном положении кронштейны фиксируют фиксаторами 13.

Описанным способом прицеп адаптируют к высоте расположения погрузочно-разгрузочных рампы, платформ, пандусов зданий и помещений складов, сооружений транспортного назначения предприятий, различных инженерных коммуникаций, а также прицепных устройств разнообразных тягачей. Кроме того, снижают риски аварийных ситуаций при погрузке на прицеп транспортных средств из-за малого угла въезда в его грузовой кузов (рис. 3, б). При этом избегают необходимости использования приставных трапов и вспомогательного оборудования.

Подобным же образом поступают при необходимости перевезти крупногабаритный груз маршрутами с ограничениями по высоте: под нависающими ветвями деревьев или коммуникациями, скальными арками и консолями, горными прижимами.

Для уменьшения габаритных размеров и компактного размещения при хранении, а также эффективной защиты прицепа от кражи и другого несанкционированного использования дорожный просвет отцепленного прицепа низводят до нуля (рис. 3, в).

Для преодоления профильных препятствий опорной поверхности дорожный просвет и углы свеса увеличивают, перемещая кронштейны 6, 7 вниз винтовыми механизмами 11, 10.

Уменьшение времени и механизация процессов регулирования дорожного просвета достигается использованием дистанционного привода и механизма автоматического привода винтов.

Заявленное техническое решение имеет простую конструкцию, высокие эксплуатационные характеристики и возможно для реализации на стандартном технологическом оборудовании.

В настоящее время ведётся опытно-конструкторская работа над созданием экспериментального образца прицепа: моделирование, расчёт критических параметров движения и положения, подбор материалов для изготовления несущей системы и основных элементов подвески. За основной принцип при проектировании элементов шасси экспериментального образца принято устранение излишнего многообразия изделий, их составных частей и процессов изготовления. Поэтому в процесс конструирования изделий

заложена концепция многократного применения одних и тех же деталей, узлов, форм поверхностей. А в технологический процесс – сокращение номенклатуры используемого при изготовлении изделий инструмента и оборудования. Подобная унификация позволит повысить серийность операций и выпуска изделий и, как следствие, удешевить производство, сократить время на его подготовку.

Однако опыт профильных предприятий показывает, что принятое направление зачастую ведёт к увеличению габаритов, массы, снижению КПД и т. п. Вследствие этого не всегда оптимальных используемых параметров и изделий. Поэтому целесообразность повышения степени унификации будет подтверждаться, например, на основе сравнения разных вариантов технических решений и соответствующего им соотношения затрат и выгод.

В перспективе планируется провести испытания экспериментального образца, выявить соответствие заданным техническим требованиям и, при необходимости, модернизировать его привнесением более удачных конструктивных решений.

#### **Выводы:**

1. Разработанные требования к конструкции транспортных поездов с тягачами из внедорожных мототранспортных средств и методы их достижения составляют основу проектирования образцов прицепного состава с высокой технологической универсальностью, востребованных профессиональными пользователями в различных отраслях народного хозяйства.

2. Предложенная конструкция шасси обеспечивает улучшение критических параметров движения и положения за счёт независимой работы рессорной подвески колёс прицепа, возможности регулирования дорожного просвета, углов переднего и заднего свеса.

3. Не подвергаясь коренным изменениям, технологии грузоперевозок и хранения прицепов совершенствуются минимизацией влияния природно-производственных факторов и характеризуются:

- интенсификацией транспортного процесса за счёт более высокой средней скорости передвижения;
- расширенными возможностями работы с разнообразными тягачами, с разнообразными по массе и габаритам грузами, и на маршрутах с профильными ограничениями;
- компактностью размещения при хранении посредством уменьшения габаритных размеров;
- эффективной защитой от кражи и другого несанкционированного использования.

*Разработка проекта «Узел подвески транспортного средства» проведена при поддержке Красноярского краевого фонда науки.*

#### **Литература**

1. **Филимонов К.В.** Устройство и эксплуатация внедорожных мототранспортных средств. – Красноярск: Изд-во ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, 2017. – 558 с.
2. **POLARIS OFF-ROAD VEHICLES** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.polaris.com>, (дата обращения: 04.09.2019).
3. **SKI-DOO, CAN-AM, LUNX, ROTAX** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://can-am.bgr.com>, (дата обращения: 04.09.2019).
4. **Филимонов К.В.** Специфика рекреационного использования внедорожных мототранспортных средств // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Часть 2. – Наука: опыт, проблемы, перспективы развития / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – С. 43-48.

5. **Ашихмин В.Е., Винидиктов А.В., Глебова Н.В.** Какой мотоблок нужен сегодня на селе // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс – 2016: материалы XVI междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2016.
6. **Лапин А.В.** Государственное регулирование утилизационного сбора в отношении транспортных средств в Российской Федерации // Вопросы экономики и права. – 2016. – № 4. – С. 52 – 56.
7. **Патент US4982972A US** / Adjustable spring assembly / Todd Rupert Muck (US). Патентообладатель Toyota Motor Corp.; опубл. 31.01.2011.
8. **Патент 2508998 Российская Федерация**, МПК В 60 G 11. Сдвоенная рессорная подвеска для транспортного средства с j-образным пружинным элементом. ДЖАРИГА Джеймс Эндрю (US). Патентообладатель РАССИНИ, С.А. ДЕ С.В. (MX), опубл. 10.03.2014.
9. **Патент US7537219B1 US** / Trailer wheel system / Dennis Sherwood (US). Патентообладатель Dennis Sherwood; опубл. 10.11.2005.
10. **Красавцев К.В., Аверьянов В.В.** Узел подвески транспортного средства // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XII междунар. науч.-практ. конф. молод. учен. – Часть I / Краснояр. гос. аграр. ун-т.– Красноярск, 2019. – С. 234 – 237.

### Literatura

1. **Filimonov K.V.** Ustrojstvo i ekspluataciya vnedorozhnyh mototransportnyh sredstv. – Krasnoyarsk: Izd-vo FGBOU VO Krasnoyarskij GAU, 2017. – 558 s.
2. **POLARIS OFF-ROAD VEHICLES** [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.polaris.com>. (data obrashcheniya: 04.09.2019).
3. **SKI-DOO, CAN-AM, LUNX, ROTAX** [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://can-am.brp.com>. (data obrashcheniya: 04.09.2019).
4. **Filimonov K.V.** Specifika rekreacionnogo ispol'zovaniya vnedorozhnyh mototransportnyh sredstv // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: materaly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – CHast' 2. – Nauka: opyt, problemy, perspektivy razvitiya / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. – Krasnoyarsk, 2017. – S. 43-48.
5. **Ashihmin V.E., Vinidiktov A.V., Glebova N.V.** Kakoj motoblok nuzhen segodnya na sele // Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri. Sibresurs – 2016: materialy XVI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Kemerovo, 2016.
6. **Lapin A.V.** Gosudarstvennoe regulirovanie utilizacionnogo sbora v otnoshenii transportnyh sredstv v Rossijskoj Federacii // Voprosy ekonomiki i prava. – 2016. – № 4. – S. 52 – 56.
7. **Patent US4982972A US** / Adjustable spring assembly / Todd Rupert Muck (US). Patentoobladatel' Toyota Motor Corp.; opubl. 31.01.2011.
8. **Patent 2508998 Rossijskaya Federaciya**, МПК В 60 G 11. Sdvoennaya resornaya podveska dlya transportnogo sredstva s j-obraznym pruzhinnyim elementom. DZHARIGA Dzhejms Endryu (US). Patentoobladatel' RASSINI, S.A. DE S.V. (MX), opubl. 10.03.2014.
9. **Patent US7537219B1 US** / Trailer wheel system / Dennis Sherwood (US). Patentoobladatel' Dennis Sherwood; opubl. 10.11.2005.
10. **Krasavcev K.V., Aver'yanov V.V.** Uzel podveski transportnogo sredstva // Innovacionnye tendencii razvitiya rossijskoj nauki: materialy XII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. mlad. uchen. – CHast' I / Krasnoyar. gos. agrar. un-t.– Krasnoyarsk, 2019. – S. 234 – 237.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ НА ОПЕРАЦИЯХ ПОЧВООБРАБОТКИ

Требования к ресурсосбережению и высокой производительности при выполнении технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур предполагают в современных экономических условиях необходимость максимальной адаптации мощных колесных тракторов, как основных энергосредств в АПК, к природно-производственным условиям [1, 2, 3].

Использование балластирования колесных 4К4 тракторов существенно влияет на рациональные диапазоны тяговых усилий и интервалы оптимальных рабочих скоростей в современных технологиях почвообработки [4, 5, 6]. Поэтому обоснование рационального тягово-скоростного диапазона и массо-энергетических параметров колесных 4К4 тракторов при выполнении технологических операций почвообработки является актуальным и существенно важным для реализации системы ресурсосбережения в отрасли растениеводства.

**Целью исследования** является повышение эффективности использования почвообрабатывающих агрегатов за счет оптимизации параметров и характеристик с учетом методики балластирования.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Решение задач исследований проводилось с учетом технической характеристики трактора «Кировец» К-424 и условий комплектации съемными балластными грузами. Комплект балласта включает грузы: для задних и передних колес с максимальной массой, соответственно, 400 и 300 кг. Масса стандартной шины – 180 кг.

Эксплуатационная мощность дизеля, согласно стендовой характеристике, составляет в номинальном режиме  $N_{\text{вн}} = 158$  кВт, максимальная мощность дизеля  $N_{\text{вн max}} = 176$  кВт. Определение параметров трактора и его тяговой характеристики проводилось с учетом требований для трех основных групп технологических операций обработки почвы по оптимальным значениям рабочей скорости движения агрегата [4]:

- 1) операции отвальной вспашки и глубокого рыхления с номинальным значением и интервалом скорости  $V_{\text{н1}}^* = 2,2 \pm 0,25$  м/с;
- 2) операции послеуборочной безотвальной комбинированной обработки (сплошная культивация), дискование и чизелевание  $V_{\text{н2}}^* = 2,7 \pm 0,3$  м/с;
- 3) операции поверхностной послеуборочной обработки (лушение стерни), предпосевная обработка, обработка и посев по нулевой технологии  $V_{\text{н3}}^* = 3,3 \pm 0,5$  м/с.

Расчетные значения  $m_{\text{уд}}^*$  (кг/кВт) определялись по соотношению [4, 7]:

$$m_{\text{уд}}^* = \frac{\eta_{\text{T}} \cdot 10^3}{g \cdot \varphi_{\text{кр}}^* \cdot V_{\text{н}}^*}, \quad (1)$$

где  $\eta_{\text{T}}$  – тяговый КПД;  $g$  – ускорение силы тяжести;  $\varphi_{\text{кр}}^*$  – коэффициент использования сцепного веса;  $V_{\text{н}}^*$  – номинальная скорость движения агрегата, м/с.

Оптимальная величина эксплуатационной массы трактора  $m_{\text{э}}^*$  на одинарных (1К) и сдвоенных (2К) колесах без балласта и с балластными грузами, соответствующая значениям  $m_{\text{уд}}^*$ , рассчитывалась по формуле [4]:

$$m_3^* = m_{уд}^* \cdot N_{эз} \cdot \xi_N^*, \quad (2)$$

где  $N_{эз}$  – эксплуатационная мощность дизеля трактора, кВт;  $\xi_N^*$  – оптимальная степень использования мощности двигателя.

Буксование  $\delta$  и другие основные параметры потенциальной тяговой характеристики трактора для различных значений  $\varphi_{кр}$  рассчитывали по формулам [4, 7]:

$$\delta = \frac{a \cdot \varphi_{кр}}{(b - \varphi_{кр})}; \quad (\text{для 1К}) \quad (3)$$

$$\delta = \frac{a \cdot (\varphi_{кр} - d)}{b - \varphi_{кр} + d}; \quad (\text{для 2К}) \quad (4)$$

$$\eta_T = \eta_{тр} \cdot (1 - \delta) \frac{\varphi_{кр}}{(\varphi_{кр} + f)}; \quad (5)$$

$$P_{кр} = m_3^* \cdot g \cdot \varphi_{кр} \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

$$V_H = \frac{\eta_T}{(g \cdot \varphi_{кр} \cdot m_{уд}^* \cdot 10^{-3})}; \quad (7)$$

$$N_{кр} = (m_3^* \cdot \eta_T) / m_{уд}^*, \quad (8)$$

где  $a, b, d$  – расчетные коэффициенты ( $a = 0,11, b = 0,773, d = 0,04$  для 2К);  $\eta_{тр}$  – КПД трансмиссии ( $\eta_{тр} = 0,837$ );  $f$  – коэффициент сопротивления качению (для 1К –  $f = 0,07$ , для 2К –  $f = 0,05$ );  $P_{кр}$  – сила тяги, кН;  $N_{кр}$  – тяговая мощность трактора, кВт.

**Результаты исследований.** Результаты расчета параметров потенциальной тяговой характеристики трактора представлены в табл. 1, 2 и на рисунке.

Таблица 1. Параметры потенциальной тяговой характеристики трактора К – 424 (комплектация 1К) при эксплуатационной мощности  $N_{эз} = 158 \text{ кВт}$  и  $f=0,07$

$\varphi_{кр}$	$\eta_T$	$\delta$	$m_{э1} = 51,424 \text{ кг/кВт}$ (8125 кг)			$m_{э2} = 56,15 \text{ кг/кВт}$ (8872 кг)			$m_{э3} = 65,04 \text{ кг/кВт}$ (10276 кг)		
			$P_{кр}, \text{ кН}$	$V_{gi}, \text{ м/с}$	$N_{кр}, \text{ кВт}$	$P_{кр}, \text{ кН}$	$V_{gi}, \text{ м/с}$	$N_{кр}, \text{ кВт}$	$P_{кр}, \text{ кН}$	$V_{gi}, \text{ м/с}$	$N_{кр}, \text{ кВт}$
0,25	0,619	0,053	19,91	4,91	97,82	21,74	4,5	97,82	25,18	3,89	97,82
0,3	0,626	0,077	23,89	4,14	98,92	26,08	3,79	98,9	30,21	3,28	98,9
0,35	0,634	0,091	27,87	3,6	100,33	30,43	3,29	100,17	35,25	2,84	100,18
0,37	0,634	0,10	29,46	3,4	100,17	32,17	3,11	100,18	37,26	2,69	100,17
<b>0,38</b>	0,632	0,106	30,26	<b>3,3</b>	99,86	33,04	3,02	99,86	38,27	2,61	99,86
0,39	0,630	0,112	31,05	3,2	99,53	33,91	2,94	99,55	39,28	2,54	99,55
0,41	0,626	0,124	32,65	3,03	98,92	35,65	2,78	98,92	41,29	2,4	98,91
<b>0,42</b>	0,624	0,131	33,44	2,95	98,59	36,52	<b>2,7</b>	98,6	42,3	2,33	98,6
0,43	0,621	0,138	34,24	2,87	98,12	37,39	2,63	98,13	43,3	2,27	98,11
<b>0,44</b>	0,617	0,145	35,04	2,78	97,5	38,26	2,55	97,5	44,31	<b>2,2</b>	97,48
0,45	0,614	0,153	35,83	2,71	97,01	39,13	2,48	97,03	45,32	2,14	97,02

Таблица 2. Параметры потенциальной тяговой характеристики трактора К – 424 (комплектация 2К) при эксплуатационной мощности  $N_{\text{вз}} = 158 \text{ кВт}$  и  $f=0,05$

$\Phi_{\text{кр}}$	$\eta_{\text{T}}$	$\delta$	$m_{\text{э}1} = 56,58 \text{ кг/кВт}$ (8940 кг)			$m_{\text{э}2} = 61,94 \text{ кг/кВт}$ (9787 кг)			$m_{\text{э}3} = 69,89 \text{ кг/кВт}$ (11042 кг)		
			$P_{\text{кр}}, \text{кН}$	$V_{\text{г}i}, \text{м/с}$	$N_{\text{кр}}, \text{кВт}$	$P_{\text{кр}}, \text{кН}$	$V_{\text{г}i}, \text{м/с}$	$N_{\text{кр}}, \text{кВт}$	$P_{\text{кр}}, \text{кН}$	$V_{\text{г}i}, \text{м/с}$	$N_{\text{кр}}, \text{кВт}$
0,25	0,669	0,041	21,9	4,83	105,78	23,98	4,41	105,75	27,05	3,91	105,69
0,3	0,677	0,056	26,28	4,07	106,96	28,77	3,72	106,98	32,46	3,3	106,95
0,35	0,678	0,074	30,66	3,49	107,0	33,57	3,19	107,13	37,87	2,83	107,11
<b>0,37</b>	0,677	0,082	32,42	<b>3,3</b>	106,99	35,49	3,02	106,98	40,04	2,67	106,97
0,39	0,674	0,091	34,17	3,12	106,61	37,41	2,85	106,62	42,2	2,52	106,34
<b>0,41</b>	0,672	0,10	35,92	2,96	106,32	39,32	<b>2,70</b>	106,18	44,37	2,39	106,11
0,43	0,666	0,112	37,67	2,79	105,1	41,24	2,55	105,23	46,53	2,26	105,16
<b>0,44</b>	0,663	0,118	38,55	2,72	104,86	42,2	2,48	104,76	47,61	<b>2,2</b>	104,74
0,45	0,660	0,124	39,43	2,65	104,49	43,16	2,42	104,45	48,7	2,14	104,28
0,47	0,652	0,138	41,18	2,5	102,95	45,08	2,29	103,02	50,86	2,03	103,01

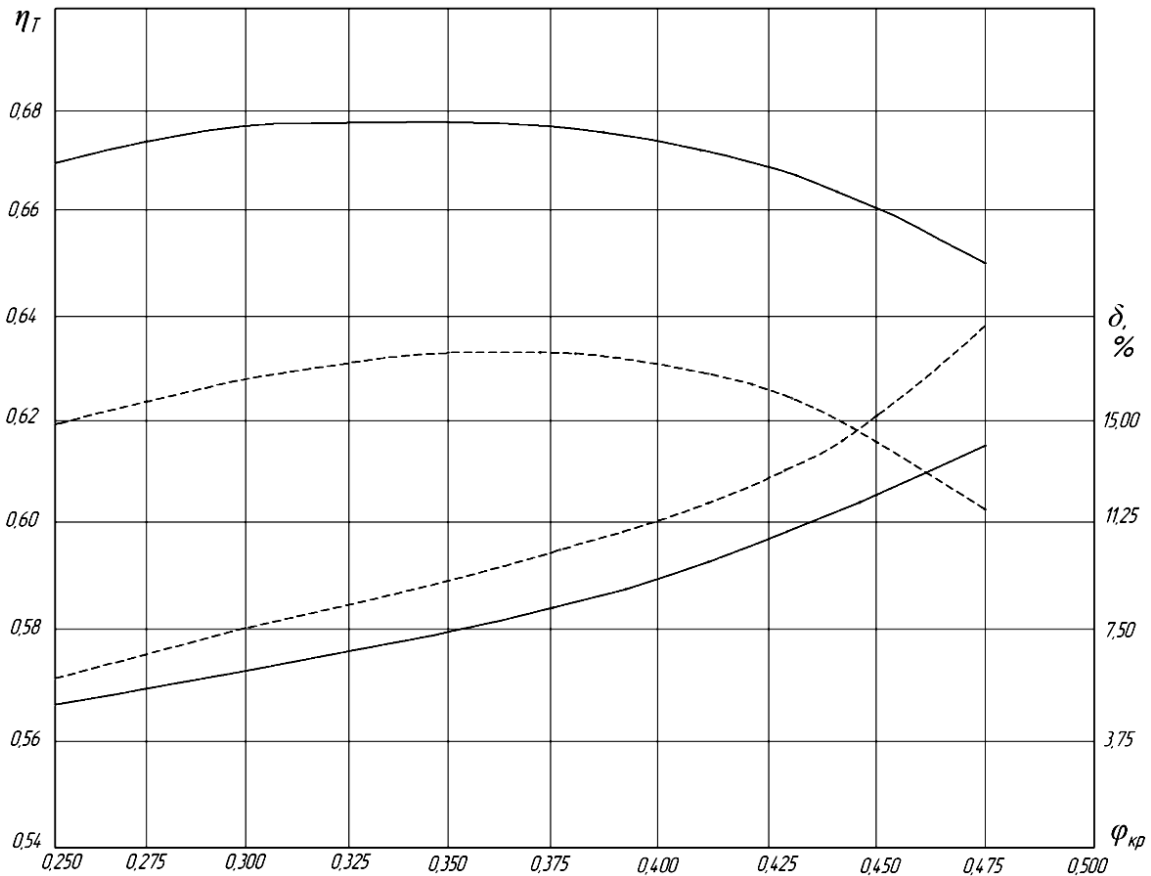


Рис. 1. Характеристики  $\eta_{\text{T}}, \delta = f(\Phi_{\text{кр}})$  трактора К-424 с одинарными (1К) и сдвоенными (2К) колесами:

————— - 2К, - - - - - 1К

По результатам вычислительного эксперимента дана оценка тягово-цепных свойств трактора с одинарными и сдвоенными колесами при различных значениях массы  $m_{\text{ю}}^*$ .

Полученные графические зависимости  $\eta_{\text{T}}, \delta = f(\Phi_{\text{кр}})$  позволили определить рациональные тяговые диапазоны ( $\Phi_{\text{кр min}} - \Phi_{\text{кр max}}$ ) трактора, ограниченные минимальным  $\delta_{\text{min}} = 0,08$  и максимальным  $\delta_{\text{max}} = 0,15$  буксованием [7, 8, 9, 10].



В ходе анализа расчетных данных установлено, что в диапазоне оптимальных значений коэффициента сцепного веса  $\varphi_{кр}$  (0,38 - 0,44 – для 1К и 0,37 - 0,44 – для 2К) и соответствующих рабочих скоростей  $V_{gi}$  ( $2,2 \pm 0,25$  м/с – для первой группы операций почвообработки,  $2,7 \pm 0,3$  м/с – для второй группы и  $3,3 \pm 0,5$  м/с – для третьей группы) наиболее эффективными являются следующие показатели тяговой характеристики трактора К-424:

- комплектация 1К: оптимальные значения  $\varphi_{кр}^*$  для операций третьей группы почвообработки находятся в пределах 0,35-0,43 ( $m_{y\delta 1} = 51,424$  кг/кВт), для операций второй группы – 0,38-0,44 при  $m_{y\delta 2} = 56,15$  кг/кВт и для первой группы – 0,41-0,45 ( $m_{y\delta 3} = 65,04$  кг/кВт). При таких значениях  $\varphi_{кр}^*$  обеспечиваются максимальные значения тяговой мощности трактора К-424 с комплектацией 1К и производительности различных почвообрабатывающих агрегатов;

- комплектация 2К: оптимальные значения  $\varphi_{кр}^*$  для операций третьей группы почвообработки находятся в пределах 0,35-0,43 ( $m_{y\delta 1} = 56,58$  кг/кВт), для операций второй группы – 0,37-0,45 при  $m_{y\delta 2} = 61,94$  кг/кВт и для первой группы – 0,41-0,47 ( $m_{y\delta 3} = 69,89$  кг/кВт). Рациональные значения коэффициента сцепного веса  $\varphi_{кр}^*$  для трактора К-424 с комплектацией 2К обеспечивают максимальную тяговую мощность трактора и производительность агрегатов на операциях почвообработки.

При выполнении отвальной вспашки (операции первой группы) в тяговом диапазоне, ограниченном буксованием  $0,08 \leq \delta \leq 0,15$ , наиболее эффективен трактор с удельной массой  $m_{уд 1}^* = 65,04$  кг/кВт и комплектацией 1К. Диапазон буксования трактора  $\delta = 0,08-0,15$  позволяет максимально использовать возможности колесной схемы 4К4 за счет оптимального распределения удельной и, соответственно, эксплуатационной массы. Для других операций первой группы предпочтительно использовать в составе агрегата трактор с удельной массой 69,89 кг/кВт на сдвоенных колесах при значении  $\varphi_{кр н} = 0,44$ . Величина номинального тягового КПД при этом увеличивается с 0,617 до 0,663.

При выполнении всех трех групп операций почвообработки в составе различных мобильных агрегатов для трактора К-424 наиболее рациональное значение  $m_{уд 2}^* = 61,94$  кг/кВт ( $m_s = 9787$  кг) на сдвоенных колесах. Данный вариант адаптирующих воздействий на эксплуатационные параметры трактора наиболее приемлем, исходя из параметров тяговой характеристики и допустимого диапазона рабочих скоростей ( $V_{min} - V_{max}$ )\* трактора.

При установке сдвоенных колес (комплектация 2К) тяговый КПД трактора увеличивается на 7% за счет снижения коэффициентов буксования  $\delta$  и сопротивления перекатыванию трактора  $f$ .

**Выводы.** Системный анализ результатов исследований, представленных в данной статье, позволяет утверждать следующее:

1. Трактор К-424 и его аналоги (с учетом его массо-энергетических параметров: большая мощность дизеля и трактора при относительно невысокой эксплуатационной массе) предназначены для выполнения различных технологических операций современных технологий, используемых в растениеводстве. Это, прежде всего, минимальные технологии возделывания культур, предполагающие применение комплексных, многофункциональных агрегатов. Данные машины выполняют различные технологические операции на повышенных рабочих скоростях.

2. Такие приемы адаптации трактора, как вариация величины эксплуатационной массы и применение сдвоенных колес, существенно влияют на повышение эффективности работы различных мобильных агрегатов при выполнении основных групп операций почвообработки.

### Литература

1. **Парфенов А.П.** Тенденции развития конструкций сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 5. – С.42–47.
2. **Самсонов В.А.** Определение основных показателей трактора // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 9. – С. 18–21.
3. **Гурылев Г.С., Князев Д.А.** Мощные тракторы в сельском хозяйстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – №2 – С. 23-27.
4. **Селиванов Н.И.** Технологическая адаптация колесных тракторов / Краснояр. гос. ун-т.-Красноярск, 2017. – 216 с.
5. **Макеева Ю.Н.** Повышение эффективности использования почвообрабатывающих агрегатов при балластировании энергонасыщенных колесных тракторов: дис... канд. техн. наук. – Красноярск, 2017. – 165 с.
6. **Moessmer A.** Die Traktor – Technikgeschichte Gluchcopf, Allrad und Elektronik – Hirn / A. Moessmer // GeraMond, 2011. – 144 p.
7. **Селиванов Н.И., Журавлев С.Ю.** Адаптация параметров колесного трактора к зональным технологиям почвообработки // Вестник Красноярского ГАУ. – 2018. – №4. – С. 116-120.
8. **Карабаницкий А.П., Кочкин Е.А.** Теоретические основы производственной эксплуатации МТП. – М.: КолосС, 2012. – 86 с.
9. **Зангиев А.А., Скороходов А.Н.** Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка – М.: КолосС, 2006. – 317 с.
10. **Маслов Г.Г. и др.** Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка – Краснодар: Куб. ГАУ, 2010. – 326 с.

### Literatura

1. **Parfenov A.P.** Tendencii razvitiya konstrukcij sel'skohozyajstvennyh traktorov // Traktory i sel'hozmashiny. – 2015. – № 5. – S.42–47.
2. **Samsonov V.A.** Opredelenie osnovnyh pokazatelej traktora // Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny. – 2007. – № 9. – S. 18–21.
3. **Gurylev G.S., Knyazev D.A.** Moshchnye traktory v sel'skom hozyajstve // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. – 2012. – №2 – S. 23-27.
4. **Selivanov N.I.** Tekhnologicheskaya adaptaciya kolesnyh traktorov / Krasnoyar. gos. un-t.-Krasnoyarsk, 2017. – 216 s.
5. **Makeeva YU.N.** Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya pochvoobrabatyvayushchih agregatov pri ballastirovanii energonasyschennyh kolesnyh traktorov: dis... kand. tekhn. nauk. – Krasnoyarsk, 2017. – 165 s.
6. **Moessmer A.** Die Traktor – Technikgeschichte Gluchcopf, Allrad und Elektronik – Hirn / A. Moessmer // GeraMond, 2011. – 144 p.
7. **Selivanov N.I., Zhuravlev S.YU.** Adaptaciya parametrov kolesnogo traktora k zonal'nym tekhnologiyam pochvoobrabotki // Vestnik Krasnoyarskogo GAU. – 2018. – №4. – S. 116-120.
8. **Karabanickij A.P., Kochkin E.A.** Teoreticheskie osnovy proizvodstvennoj ekspluatatsii MTP. – М.: KolosS, 2012. – 86 s.
9. **Zangiev A.A., Skorohodov A.N.** Praktikum po ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka – М.: KolosS, 2006. – 317 s.
10. **Maslov G.G. i dr.** Praktikum po ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka – Krasnodar: Kub. GAU, 2010. – 326 s.

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ АГРОТЕХНОЛОГИЙ

Неопределенность исходной информации об условиях функционирования агротехнологий предполагает использование системной концепции в задачах векторной оптимизации. Обеспечение технологической надежности зерноуборочных комплексов необходимо рассматривать как многоуровневую процедуру принятия решений (Брахман Т. Р., 1984).

Задача принятия решения в общем виде есть совокупность  $\langle \Omega, ОП \rangle$ , где:

$\Omega$  – множество вариантов;

ОП – принцип оптимальности.

Решением указанной задачи  $\langle \Omega, ОП \rangle$  является множество  $\Omega_{оп} \subseteq \Omega$ , полученное с помощью принципа оптимальности (Жилинскас А., 1989).

Представление о качестве вариантов характеризуется принципом оптимальности. Математическим выражением принципа оптимальности ОП является функция выбора  $C_{оп}$ . Она сопоставляет любому подмножеству  $\mathcal{C} \subseteq \Omega$  его часть  $C_{оп}(\mathcal{C})$ . Решением  $\Omega_{оп}$  исходной задачи является множество  $C_{оп}(\Omega)$ .

Задача с известным  $\Omega$  называется задачей выбора, задача с известным  $\Omega$  и ОП – общей задачей оптимизации. Таким образом, задача выбора и задача оптимизации являются частными случаями общей задачи принятия решений [1, 2].

Задача выбора может и не требовать полного восстановления принципа оптимальности, а позволяет ограничиться только информацией, достаточной для выделения  $\Omega_{оп}$ .

Общая задача оптимизации может не предполагать максимизации одной или нескольких числовых функций. Ее смысл заключается в выделении множества лучших элементов, то есть в вычислении значения  $C_{оп}(\Omega)$  при заданных  $\Omega$  и  $C_{оп}$ . Если  $C_{оп}$  – скалярная функция выбора на множестве  $\Omega$ , то получаем обычную оптимизационную задачу.

Элементы множества  $\Omega$  называют альтернативами или вариантами. Принцип оптимальности задает понятие лучших альтернатив. Лучшими являются альтернативы, принадлежащие  $C_{оп}(\Omega)$ .

**Цель исследования** – обоснование оптимального резерва производительности технической оснащенности и принятие производственно-технологических решений, обеспечивающих послеуборочную доработку зерна в соответствии с агротехническими требованиями. Техническую оснащенность необходимо рассматривать в виде многопараметрической иерархически-организованной вероятностной системы, которая в процессе функционирования должна находиться в зоне адаптационного максимума [3, 4].

Выбор оптимальных параметров технической оснащенности заключается в преобразовании графа типа «и/или» в граф типа «и». Такое преобразование является сложной оптимизационной задачей. Для ее решения используются имитационные модели, позволяющие выбрать наилучшие (рациональные) варианты схмотехнических решений из совокупности альтернатив [5, 1, 2].

Предложенная иерархическая структура технической оснащенности позволяет сформулировать векторный критерий оптимальности с учетом влияния локальных критериев каждого уровня [6].

**Материалы, методы и объекты исследования.** Задача обеспечения технологической надежности зерноуборочных комплексов является многошаговым процессом. Множество  $\{k\}$  шагов исследования формализуется в виде декартова произведения:

$$K^B \times K_{k^B}^\Gamma \Rightarrow \{k\}, \quad (1)$$

где  $K^B$  – множество уровней принятия решений;

$K^\Gamma = \{k\}$  – множество шагов исследования горизонтальной развертки (элементов подсистемы) иерархического уровня  $k^B \in K^B$ .

Исходным элементом математического описания рассматриваемой системы является множество заданий системы:

$$Z = \{n_1, n_2, \dots, n_m\}. \quad (2)$$

Указанное множество характеризует как функциональное назначение системы, так и многообразие условий ее функционирования.

Оценочные функции, формирующие (векторный) критерий оптимальности системы, задаются в следующем виде:

$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_p\}. \quad (3)$$

Полагаем, что функции  $E$  дают адекватную информацию о соответствии системы предъявляемым к ней требованиям, которые содержатся во множестве  $Z$ . Допускаемая область определения функций  $e_i$  представляется как  $n$ -мерное пространство  $S$  всех возможных состояний исследуемой системы.

На каждом уровне принятия решений, называемом в дальнейшем иерархическим, решаются определенные группы задач  $S_{u_i}^g$  и определяется рациональное решение. Причем

$$S_{u_i}^i : S \cup S_{u_i}^i, \quad (4)$$

где  $i$  – номер технологического уровня;

$u = 1, 2, \dots, N_i$

$N_i$  – число непересекающихся частей множества  $S$ .

Таким образом, получаемые подмножества  $S_{u_i}^i$  можно рассматривать как спроектированный вариант системы со степенью декомпозиции, соответствующей конкретному иерархическому уровню. Математическое описание выбранного рационального варианта включает следующие уравнения:

$$\begin{cases} R_{u_i}^j(D)X_{u_i}^j(t) = W_{u_i}^j(D)Y_{u_i}^j(t), \\ Y_{u_i}^j(t) = V_{u_i}^j(D)X_{u_i}^j(t) + G_{u_i}^j(D)Y_{u_i}^j(t). \end{cases} \quad (5)$$

Здесь  $X_{u_i}^j(t)$ ,  $Y_{u_i}^j(t)$ ,  $Y_{u_i}^c(t)$  – векторные функции возмущающих, входных и выходных переменных  $j$ -й подсистемы;

$R_{u_i}^j(D)$ ,  $W_{u_i}^j(D)$ ,  $V_{u_i}^j(D)$ ,  $G_{u_i}^j(D)$  – номинальные матрицы, которые определяют параметры системы.

Знак  $\{D\}$  означает дифференциальный оператор, то есть:

$$D = \frac{d}{dt}.$$

Подсистемы взаимодействуют между собой:

$$Y_{u_i}^j(t) = -\sum_{d \in g} L_{u_i}^{jd} Y_{u_i}^d(t) + B_{u_i}^j \cdot Y_{u_i}^c(t), \quad (6)$$

$$Y_{u_i}^c(t) = \sum_{j \in g} K_{u_i}^j \cdot Y_{u_i}^j(t), \quad (7)$$

где  $Y_{u_i}^j(t)$ ,  $Y_{u_i}^c(t)$ ,  $Y_{u_i}^d(t)$  – вектор-функции входных и выходных переменных системы;

$L_{u_i}^{jd}$ ,  $B_{u_i}^j$ ,  $K_{u_i}^j$  – матрицы с элементами из дискретного множества  $\{-1, 0, +1\}$ , которые определяют структуру системы.

Алгоритм решения модели (5) заключается в следующем [7].

Локальные критерии  $\ell_\phi$  характеризуют приспособленность подсистем выполнять задачу  $S_u^\ell$  с требуемым качеством. Между локальными критериями  $\ell_\phi$  ( $\phi = 1, 2, \dots, \Phi$ ) и векторным критерием  $\varepsilon$  существует вероятностная связь. В силу этого об оптимальности выбранного варианта можно говорить лишь с определенной вероятностью. Наиболее полно сформулированные задачи решаются методами имитационного моделирования. Для получения достоверных результатов проектирования необходимо в модели учесть все факторы, действующие на систему.

Критерий оптимальности на каждом иерархическом уровне формируется с учетом всех факторов, действующих на систему [8]:

$$e_j = e_j \{Z_j, S_u^j, T, \Pi, \eta^j\}, \quad (8)$$

где  $T$  – множество результатов проведенных экспериментов;

$\Pi$  – множество вариантов смоделированных внешних условий.

Причем  $\Pi \in \Theta$ , где  $\Theta$  – область возможных значений внешних условий;

$T \in B$ , где  $B$  – область возможных значений результатов экспериментов;

$\eta^j$  – совокупность проведенных экспериментов, причем  $\eta^j = \{\eta_{u1}^j, \eta_{u2}^j, \dots, \eta_{um}^j\}$ .

Число состояний обычно велико из-за сложности рассматриваемых подсистем. Для их уменьшения до обозримого предела используются методы усечения пространства состояний  $S$  и последовательного отсечения, и таким образом исключаются из дальнейшего рассмотрения исходы с малыми вероятностями появления. Следовательно, в дальнейших расчетах рассматривается множество  $\{S_u^j\}$  «нехудших», т.е. парето-оптимальных вариантов системы.

При формализованном описании указанного множества предполагаются заданными структура и параметры системы, т.е. матрицы

$$L_{u_i}^{jd}, B_{u_i}^j, K_{u_i}^j \text{ и } \{R_{u_i}^j(D), W_{u_i}^j(D), V_{u_i}^j(D), G_{u_i}^j(D)\}. \quad (9)$$

На этом этапе указанным способом формируются также множества  $\{\eta^j\}$ ,  $\{\Pi_u\}$ ,  $\{T_u\}$ . Далее из полученной совокупности выбирается оптимальный вариант системы. Затем начинается, собственно, процесс имитационного моделирования, в ходе которого рассчитывается апостериорное распределение. По всем смоделированным вариантам отыскиваются критерии оптимальности:

$$e_j = \underset{S_u^j \in S}{\text{extre}}_j (Z_j, S_u^j, T, \Pi, \eta^j). \quad (10)$$

Функция распределения имеет вид:

$$\varphi^j \left( \frac{T}{\eta_i^j} \right) = \int_{\Theta} f_u(\Pi) f_u^j \left( \frac{T}{\eta_i^j} \right) d\Pi. \quad (11)$$

По выражению (11) можно определить оптимальное значение критерия, которое достижимо при данных параметрах:

$$e_j (Z_j, \Pi, \eta_i^j) = \int_B e_j (Z_j, \Pi, \eta_i^j) \varphi^j \left( \frac{T}{\eta_i^j} \right) dT. \quad (12)$$

Здесь, как было указано ранее,  $T \in B$ , а интегрирование проводится во всей  $B$ -области возможных значений. Затем отыскивается машинный эксперимент, который доставляет наилучшее значение данному критерию. Он имеет вид:

$$e_j (Z_j, \Pi) = \underset{\eta_i^j}{\text{extre}}_j (Z_j, \Pi, \eta_i^j) = e_j (Z_j, \Pi, \eta_i^{j*}). \quad (13)$$

По найденным значениям  $e_j^*$  и  $\eta_i^{j*}$  легко получить оптимальное значение результата моделирования  $T^*$ . Рациональный вариант, выбранный с учетом всех предыдущих шагов, имеет вид [4]:

$$e_j (Z_j, \Pi, S_u^{j*}, T^*, \eta_i^{j*}) = \underset{\eta_i^j}{\text{extre}}_j (Z_j, \Pi, S_u^{j*}, T^*, \eta_i^{j*}). \quad (14)$$

$$S_u^i \in S$$

По предложенной схеме решается задача выбора рационального варианта для каждого иерархического уровня:

$$S_{u_1}^{1*} \supset S_{u_2}^{2*} \supset \dots \supset S_{u_j}^{j*}, \quad (15)$$

где  $e_j(S_{u_j}^{j*}) = \text{extre}_{e_j}(S_u^j)$ ,

$$S_u^j \in S$$

так как  $S_{u_j}^{j*} = S_i^*$  и  $\varepsilon(S_i^*) = \text{extre } \varepsilon(S_i)$ .

$$S_i \in S$$

В теории принятия решений под оценкой подразумевается выявление соответствия реальных и заданных характеристик системы  $S_p$  и среды  $S_s$  в каждый момент времени и осуществляется отображением значений параметров  $x_j^1 \in X$ . А выбор состоит в формировании стратегии, обеспечивающей рациональное (с учетом целей и ограничений) действие  $K_0$  во всех  $B$  на каждом  $t$ . При этом необходимо использовать элементы множества управлений  $\{u^1, \dots, u^k\} \in U$  или их комбинаций.

Элементами технологии являются отдельные сельскохозяйственные машины, комплекс технических средств для реализации совокупности однотипных операций и техническая оснащенность процесса уборки и послеуборочной обработки зерна в целом. Декомпозиционный ряд детализации технологий уборки и послеуборочной обработки зерна по подпроцессам включает: технологическую схему, технологический процесс и технологическую операцию [1].

Декомпозиция может быть проведена не только на уровне исходной постановки, но и на каждом шаге вычислительного алгоритма, то есть по горизонтали.

Как правило, задачи оптимизации технологических операций решаются для отдельных машин и агрегатов, а задачи идентификации (оперативного управления) – в рамках технико-технологических комплексов. Задача верхнего уровня заключается в выборе рациональной стратегии уборки и послеуборочной обработки зерна из совокупности альтернатив, составляющих техническую оснащенность для условий Северо-Западного региона страны (рис. 1).

Схема структурной декомпозиции адаптивной машинной технологии представлена на рис. 2.

В качестве возможных вариантов оптимизации технологической схемы уборки и послеуборочной обработки зерна (верхний уровень) рассмотрены существующие способы и технические средства в зависимости от целого ряда случайных факторов (в вероятностно-статистическом смысле). Все эти варианты приводятся в сопоставимый вид. Выбор рациональной стратегии осуществляется методом имитационного моделирования. Выбранная таким образом стратегия является базовой для типичного хозяйства Северо-Западного региона, и она учитывает самую отдаленную производственную ситуацию [1].

Поскольку проектирование рациональной стратегии осуществляется с учетом перспективы (долговременный срок эксплуатации), то при выборе ее необходимо правильно обозначить базу экстраполяции и период прогнозирования параметров, учитываемых в модели. Правильный выбор соотношения между глубиной ретроспективного анализа (база экстраполяции) и дальностью экстраполируемого интервала влияет на конечное решение, т.к. при экстраполяции тенденций ошибки, связанные с исходными допущениями, возрастают в геометрической прогрессии. Глубина прогнозной экстраполяции должна выбираться равной половине периода, принятого за базу [8]. При этом важно, чтобы рассматриваемые процессы и определяющие закономерности носили стабильный характер.

Информационной базой для проведения машинных экспериментов служат производственно-эксплуатационные, технико-экономические показатели машин,

характеристики природно-климатических условий и топография местности. Неизмеримые процессы при моделировании формализуются до степени получения численных оценок [9, 10].

Необходимая периодичность решения задачи оперативного управления определяется в основном характеристиками зерновороха и погодно-производственной ситуацией, складывающейся на текущий день.

В процессе функционирования зерноуборочного комплекса наблюдается отклонение показателей работы машин от заданных значений. Тогда условие эффективного функционирования технической оснащенности запишется в виде [5]:

$$E \in E_{\text{доп}}, \tag{16}$$

где  $E = (Y - Y_H)$  – случайный вектор, показывающий отклонение выходной вектор-функции  $Y$  от заданного значения  $Y_H$ ;

$E_{\text{доп}}$  – область допустимых отклонений.

Оперативное управление в этом случае заключается в корректировке управляющих воздействий на объект.

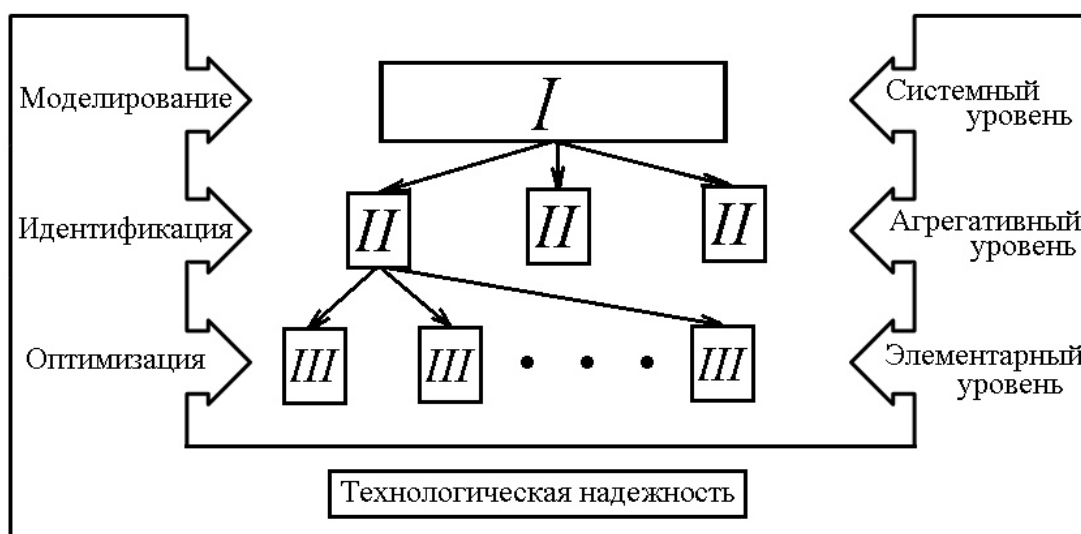


Рис. 1. Обеспечение технологической надежности как многоуровневая процедура принятия решений



Рис. 2. Иерархическая схема процесса принятия решений

**Результаты исследований.** При решении сформулированной задачи получены количественные характеристики уборочно-транспортных средств, участвующих в технологическом процессе за текущий день, исходя из пропускной способности зерноочистительно-сушильного пункта. В качестве ограничений на данном уровне определены допустимые потери зерна самоосыпанием из-за перестоя на корню и время безопасного хранения зерновороха в завальной яме в ожидании обработки.

По данным экспериментальных исследований установлен уровень адаптации технической оснащённости к условиям функционирования, составляющий  $P = 0,85$ . При этой стратегии 85% всего объема механизированных работ выполняется в оптимальные агротехнические сроки. С увеличением уровня вероятности от  $P = 0,65$  до  $P = 0,85$  возрастает количество автомобилей – 1:1,56. Для группы зерноочистительно-сушильных машин увеличение вероятности до  $P (0,85)$  приводит к изменению марочного состава машин и повышению их паспортной производительности в соотношении 1:1,71.

Система моделей для описания технологических операций, осуществляемых зерносушилками, определяется задачей оптимизации и формализуется в общем виде выражением [9, 10]:

$$\max V_c = f(w_3, w_k, \Theta_T, \Theta_3, t). \quad (17)$$

Модель ограничений, накладываемых на переменные состояния зерна и управляющие воздействия, запишется в общем виде:

$$\begin{aligned} w_k &\leq w_{кц}, \\ \Theta_3 &\leq \Theta_{доп}, \end{aligned}$$

где  $V_c$  – производительность зерновой сушилки, т/ч;

$w_k$  – влажность зерна на выходе из сушилки, %;

$w_3$  – влажность зерна на входе в сушилку, %;

$w_{кц}$  – кондиционная влажность зерна, %;

$\Theta_T$  – температура теплоносителя, подаваемого в сушилку, °С;

$\Theta_3$  – температура нагрева зерна в сушилке, °С;

$t$  – время, ч;

$\Theta_{доп}$  – допустимая температура нагрева зерна в зависимости от его назначения, °С.

Для определения эффективности функционирования зерносушилок в составе поточной линии используется технологический показатель, характеризующий агротехнический допуск на выходной процесс. Условие эффективности функционирования по этому показателю запишется в следующем виде:

$$K_y \in K_{доп/y_i}, \quad (18)$$

где  $K_y$  – текущее значение  $y_i$ -й реализации рассматриваемого процесса;

$K_{доп/y_i}$  – область допустимых значений характеристик процесса.

С этой целью разработан и реализован в контуре управления зерносушилками алгоритм оценки качества технологического процесса на основе концепции двухпараметрического допускового контроля.

**Выводы.** Технологическую надёжность зерноуборочных комплексов следует рассматривать как системный ресурс. Совершенствование зональных технологий уборки и послеуборочной обработки зерна необходимо проводить на основе имитационных моделей, учитывающих динамику изменений технологических параметров, а также вероятностную природу условий функционирования технической оснащённости.

Вероятностный характер системообразующих факторов (погодно-производственных условий) обуславливает разработку процедур многоуровневой оптимизации технической оснащённости, подразумевающей вычисление оценок статистических показателей качества функционирования зерноуборочных комплексов и установление критериев их технологической надёжности, которые приобретают стохастический характер и также становятся вероятностными величинами. Предложенная концепция принятия решений



учитывает технологическую и организационную обособленность отдельных подсистем и предусматривает построение трехуровневой иерархической модели проектирования, реализующей компонентный, структурный и функциональный аспекты системного анализа.

Разработанные процедуры принятия решений для выделенных иерархических уровней, на каждом из которых решаются, соответственно, задачи моделирования, идентификации и оптимизации структурных элементов машинных технологий, являются необходимыми и достаточными для повышения качества функционирования исследуемых систем в целом.

### Литература

1. **Керимов М.А.** Моделирование технологических процессов послеуборочной обработки зерна с учетом вероятностной природы условий их функционирования: автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб, 1985. – 16 с.
2. **Игнатъев М.Б. и др.** Моделирование слабо формализованных систем на основе явных и неявных экспертных знаний. – СПб.: Политех – Пресс, 2018. – 501 с.
3. **Козлов В.Н.** Системный анализ, оптимизация и принятие решений: учебное пособие. – М.: Проспект, 2010. – 176 с.
4. **Игнатъев М.Б.** Кибернетическая картина мира. Сложные кибернетические системы: учебное пособие. – СПб., 2014. – 472 с.
5. **Железнов И.Г.** Сложные технические системы (оценки характеристик). – М., 1984. – 120 с.
6. **Игнатъев М.Б., Катермина Т.С.** Системный анализ киберфизических структур // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. научных трудов XXI международной научно-практической конференции (29 – 30 июня 2017 г.) – Т. 1. – СПб., 2017. – С. 15 – 24.
7. **Кендалл М.Дж., Стьюарт А.** Статические выводы и связи. – М.: Наука, 1973. – 889 с.
8. **Петровский А.Б.** Теория принятия решений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.
9. **Ильичев А.В., Грушанский В.А.** Эффективность адаптивных систем. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с.
10. **Ариффи А., Эйзен С.** Статистический анализ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.

### Literatura

1. **Kerimov M.A.** Modelirovanie tekhnologicheskikh processov posleuborochnoj obrabotki zerna s uchetom veroyatnostnoj prirody uslovij ih funkcionirovaniya: avtoref. dis... kand. tekhn. nauk. – SPb, 1985. – 16 s.
2. **Ignat'ev M.B. i dr.** Modelirovanie slabo formalizovannyh sistem na osnove yavnyh i neyavnyh ekspertnyh znaniy. – SPb.: Politekh – Press, 2018. – 501 s.
3. **Kozlov V.N.** Sistemnyy analiz, optimizaciya i prinyatie reshenij: uchebnoe posobie. – M.: Prospekt, 2010. – 176 s.
4. **Ignat'ev M.B.** Kiberneticheskaya kartina mira. Slozhnye kiberneticheskie sistemy: uchebnoe posobie. – SPb., 2014. – 472 s.
5. **ZHeleznov I.G.** Slozhnye tekhnicheskie sistemy (ocenki harakteristik). – M., 1984. – 120 s.
6. **Ignat'ev M.B., Katерmina T.S.** Sistemnyy analiz kiberfizicheskikh struktur // Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii: sb. nauchnyh trudov XXI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (29 – 30 iyunya 2017 g.) – T. 1. – SPb., 2017. – S. 15 – 24.
7. **Kendall M.Dzh., St'yuart A.** Sticheskie vyvody i svyazi. – M.: Nauka, 1973. – 889 s.
8. **Petrovskij A.B.** Teoriya prinyatiya reshenij. – M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2009. – 400 s.
9. **P'ichev A.V., Grushanskij V.A.** Effektivnost' adaptivnyh sistem. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 232 s.
10. **Arifi A., Ejzen S.** Statisticheskij analiz. – M.: Mir, 1982. – 488 s.

УДК 663.91522

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14217

Доктор техн. наук **М.М. БЕЗЗУБЦЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, mysnegana@mail.ru)  
Канд. техн. наук **В.С. ВОЛКОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, vol9795@yandex.ru)  
Аспирант **Х.А. АБДУРАХМАНОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, hasanjon-93@mail.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Высокая энергоемкость процесса измельчения при переработке материалов в готовую продукцию на предприятиях АПК требует разработки новых энергоэффективных и экономичных способов формирования диспергирующих нагрузок в аппаратурно-технологических системах производства [1, 2]. Перспективным способом передачи энергии частицам перерабатываемого материала является способ механоактивации с использованием двух потоков энергии: энергии электромагнитного поля и энергии от приводного электродвигателя. На основании анализа результатов практических исследований способа выявлено, что его научно-обоснованное внедрение в конструктивные формы электромеханических диспергаторов позволит осуществить качественный переход к энергоэффективным аппаратам, обеспечивающим высокую селективность переработки и позволяющим повысить качество готовой продукции [3].

**Цель исследования** — разработка конструкции электромеханического диспергатора, обеспечивающего повышение энергоэффективности и качества процесса измельчения продукции сельскохозяйственного назначения.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Объектом исследования являются электромеханические диспергаторы. К предмету исследования относятся режимы работы аппаратов, при которых обеспечивается производство продукции в соответствии с требованиями отечественных стандартов.

**Результаты исследований.** По инженерным методикам [3], составленным на основании анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований, разработана конструкция электромеханического диспергатора (ЭМД) для переработки сахара и какао [4]. Конструктивная схема аппарата представлена на рисунке 1.

ЭМД имеет вертикальное исполнение. Снаружи камеры 2 в средней по ее высоте части установлен выносной электромагнит 6 прямоугольной формы с секционированной обмоткой управления 7, подключенной к источнику питания. Электромагнит оснащен двумя подковообразными полюсными наконечниками, расположенными диаметрально. Каждый из них перекрывает в соответствующем полем цилиндра половину стенки по окружности, которая в этой части выполнена по всей ее высоте из ферромагнитного материала. С целью предотвращения нагрева обрабатываемого продукта выше допустимых значений измельчитель оснащен рубашкой охлаждения, расположенной в емкости между контейнером 1 и камерой измельчения 2. Устройство оснащено насосным блоком 8, состоящим из шестеренчатого насоса и мотор-вариатора. В связи с этим разработанная конструкция ЭМД может быть использована для переработки как сухих порошкообразных продуктов, так и продуктов в виде суспензий.

Исходный материал подается в размольную камеру контейнера, заполненную измельчающими элементами, выполненными из ферромагнитного материала ШХ 15. Под действием постоянного магнитного поля, создаваемого постоянным по знаку и регулируемым по величине электрическим током, пропускаемым по обмотке управления магнитопровода, ферромагнитные измельчающие элементы намагничиваются и образуют кластеры переменной формы, осуществляя при этом механическую связь между собой, внутренним цилиндром и ферромагнитной частью стенок камеры измельчения,

выполненных из стали Ст 10. При вращении роторов кластеры из ферротел изменяют форму. При этом формируется ударно-истирающий способ формирования диспергирующих нагрузок в контактной системе шар – частица – шар по всему объему камеры измельчения. Управление величиной и частотой ударно-истирающих нагрузок по частицам перерабатываемого продукта осуществляется изменением величины индукции магнитного поля в объемах обработки за счет регулирования силы тока в обмотках управления и регулированием частоты вращения вала электродвигателя.

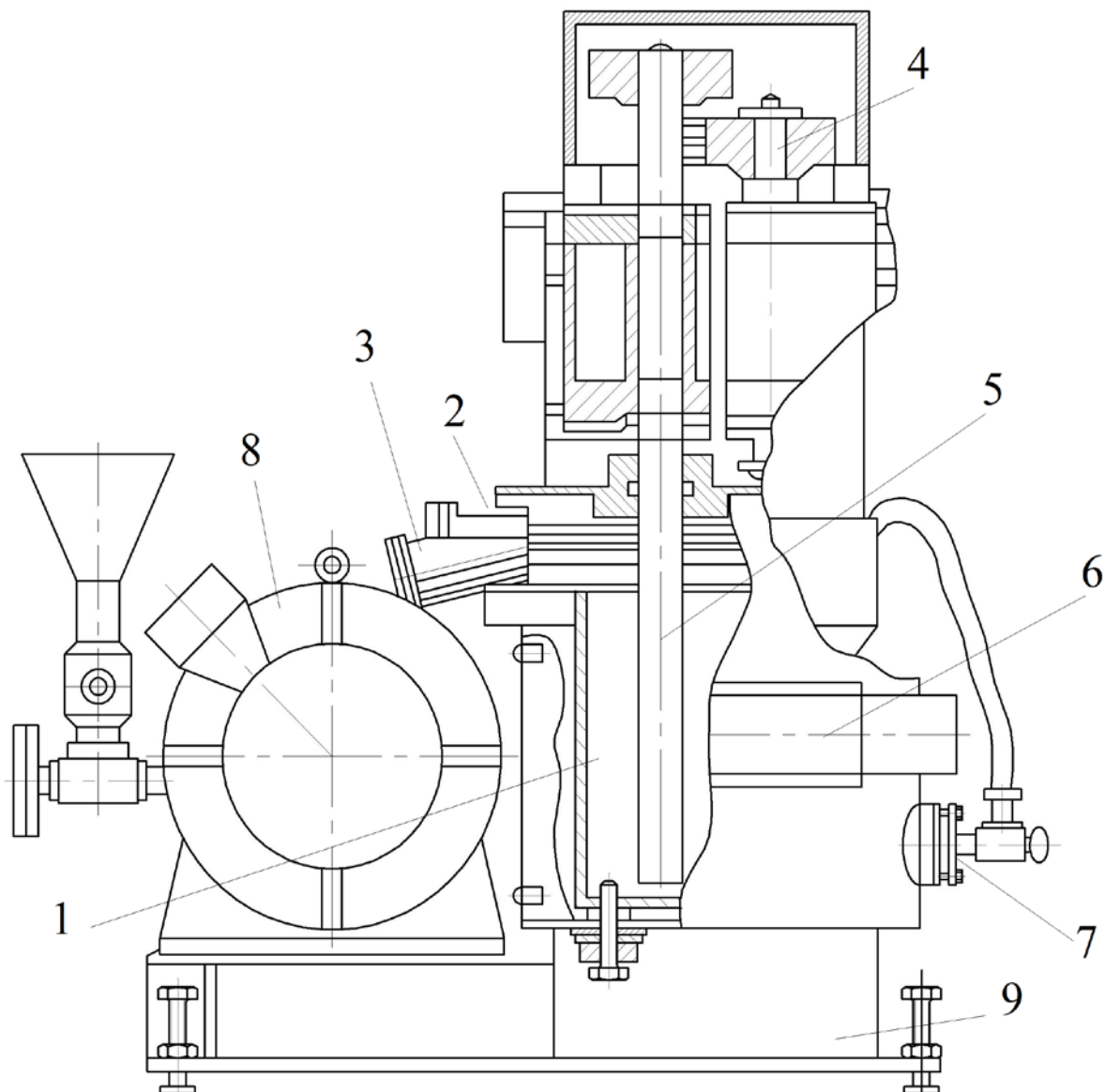
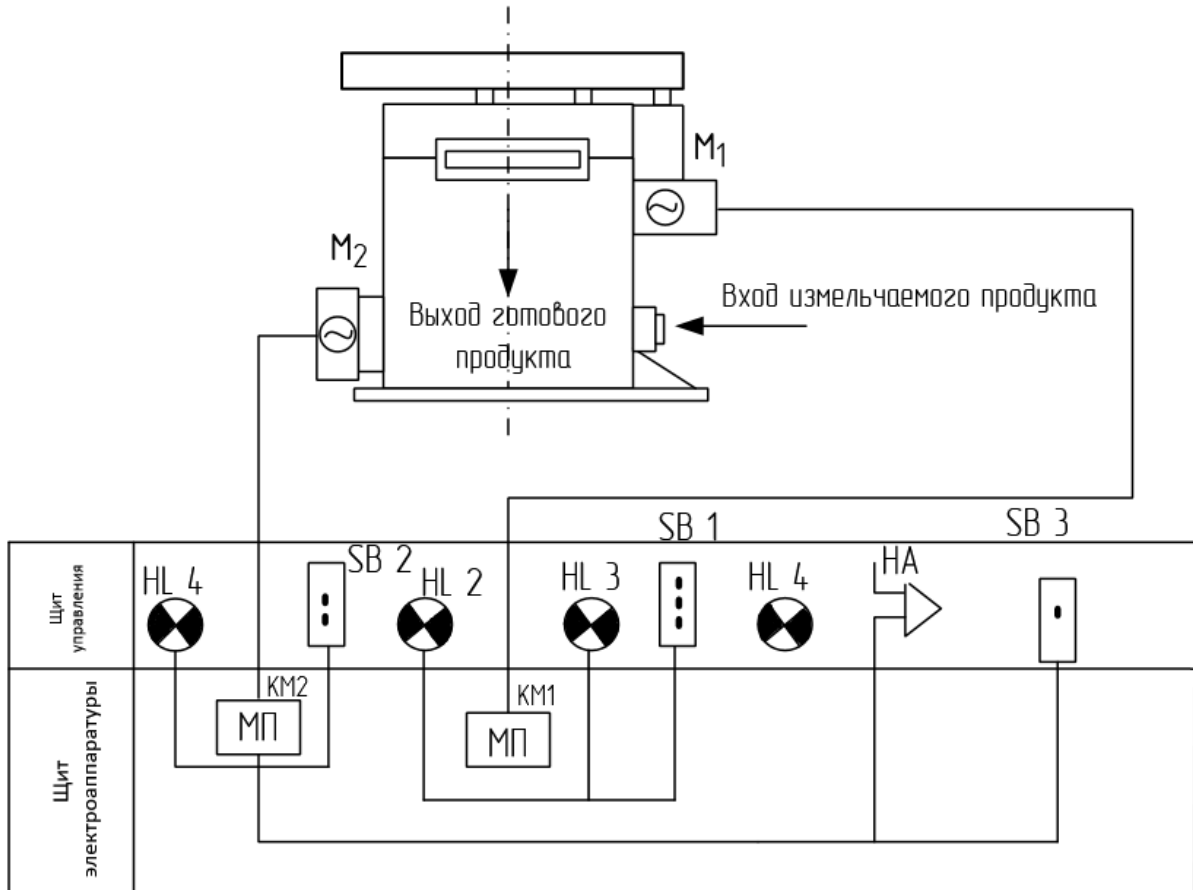


Рис.1. Конструктивная схема электромеханического диспергатора (ЭМД) Патент РФ № 2007094: 1 – контейнер; 2 – камера измельчения; 3,4 – полые пересекающиеся цилиндры; 5 – приводной вал электродвигателя; 6 – выносной электромагнит; 7 – секционированная обмотка управления; 8 – насосный блок; 9 – станина

В зависимости от реологических характеристик продуктов, технологических требований, предъявляемых к степени измельчения готовых изделий, устанавливаются соответствующие режимные параметры устройства. При этом продукт испытывает такие деформации, как удар, сжатие, истирание, сдвиг и перемешивание, что интенсифицирует процессы его переработки.

Принципиальное решение вопросов автоматизации, управления электроприводами и электромагнитами ЭМД представлено на соответствующих схемах (рис. 2, 3, 4). Устройство оснащено общим щитом управления, щитом управления электромагнитами и щитом электроаппаратуры.



Условное обозначение	Наименование
	Исполнительный механизм
	Лампа сигнальная
	Сирена электрическая
	Пускатель магнитный
	Кнопка управления

Рис. 2. Схема автоматизации электромеханического диспергатора (ЭМД)

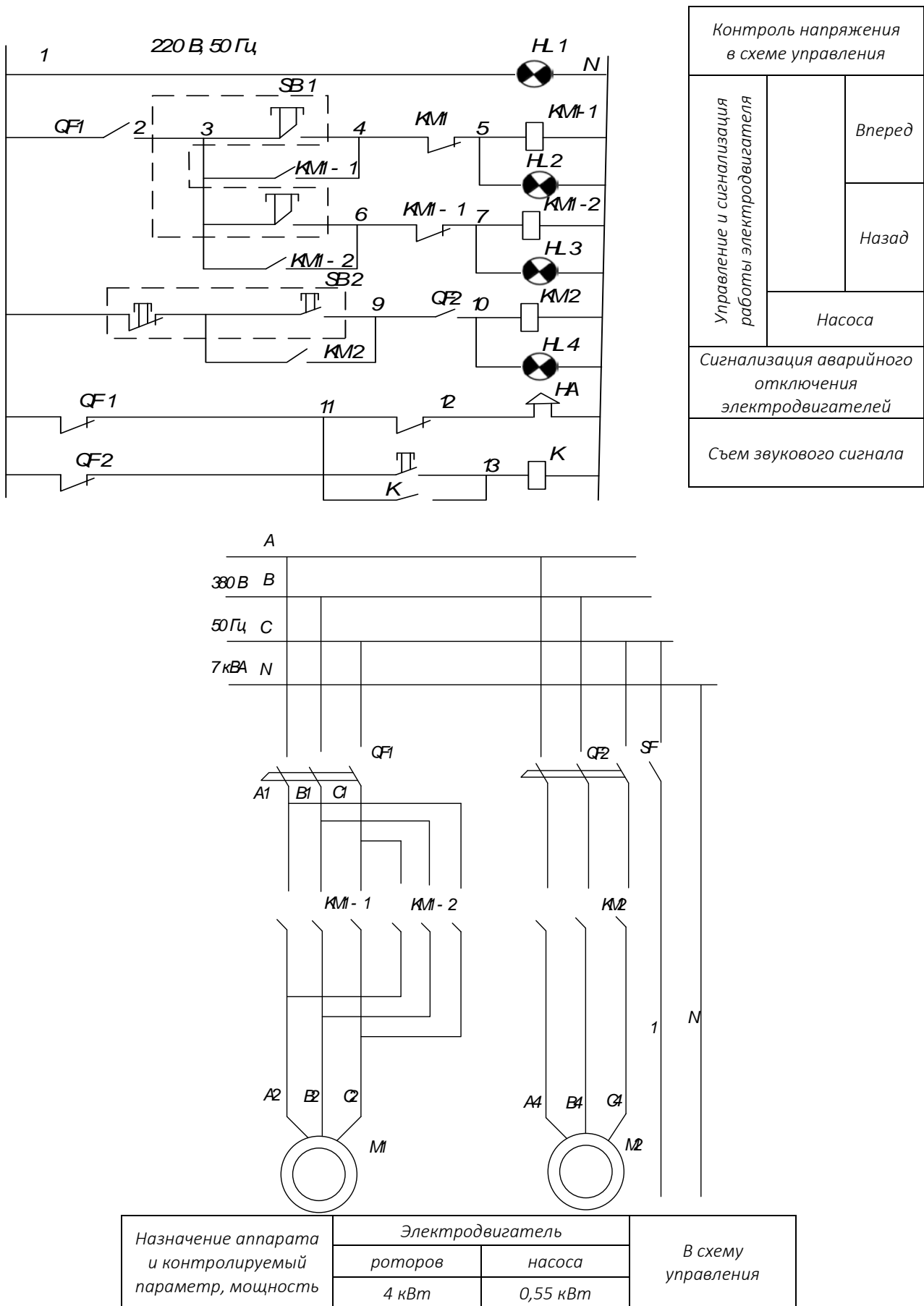
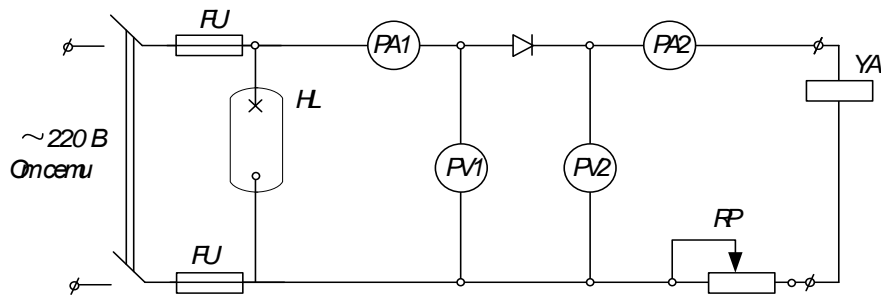


Рис.3. Схема управления электродвигателями электромеханического диспергатора (ЭМД)



	Наименование	
HL	Световой сигнал	1
FU	Предохранитель I <sub>ном</sub> =5 А	2
PA1	Амперметр 0...10 А	1
PA2	Амперметр 0...10 А	1
PV1	Вольтметр 0...250 В	1
RP	Потенциометр регулировочный I <sub>ном</sub> = 5 А; R = 300 Ом	1
SA	Тумблер	1
VD	Диод	1
PV2	Вольтметр 0...250 В	1
YA	Электромагнит диспергатора	1

Рис. 4. Электрическая схема управления электромагнитами электромеханического диспергатора (ЭМД)

Питание силовых цепей осуществляется напряжением 380 В, 50 Гц через автоматические выключатели  $QF_1$  и  $QF_2$  (рис. 3), которые тепловыми и электромагнитными расцепителями защищают электродвигатели от недопустимых перегрузок. Схема управления питается напряжением 220 В, 50 Гц через автоматический выключатель SF, электромагнитный расцепитель которого защищает цепь от коротких замыканий. Питание обмоток управления осуществляется от распределительного щита через контакты автоматического выключателя и выпрямители.

В результате анализа данных экспериментальных исследований процесса измельчения рецептурных компонентов (сахара и какао) и их смесей (шоколадных масс) электромагнитным способом установлены рациональные режимы работы ЭМД, при которых процесс измельчения протекает с максимальной эффективностью (табл.).

Установлено, что полученные на ЭМД продукты отвечают требованиям отечественных стандартов как по степени их измельчения, так и показателю селективности: какао тертое – 95,5% (по норме не менее 90,0%), смесь сахара и какао в соотношении 2:1 – 97,2% (по норме не менее 92,2%) [4, 5]. Значительная доля частиц находится в оптимальном для полуфабрикатов шоколадного производства диапазоне дисперсности (10- 30 мкм) и составляет в сахарной пудре 56%, в какао тертом – 41%, в рецептурной смеси – 52%, что в 2,5 раза больше по сравнению с массами, полученными традиционными механическими способами измельчения [6 - 10].

Таблица. Рациональные режимы работы диспергатора при измельчении полуфабрикатов шоколадного производства

Режимы работы	Сахарный песок	Какао-крупка	Рецептурные смеси сахара и какао в соотношении	
			2:1	2,5:1
Сила тока управления $I_v$ , А	1,05	0,71	0,84	0,89
Индукция электромагнитного поля в камере диспергатора $B$ , Тл	0,43	0,32	0,37	0,41
Частота вращения цилиндров $n$ , с <sup>-1</sup>	24,2	22,9	23,4	24,0
Диаметр мелющих тел $d$ , мм	5,0	5,0	5,0	5,0
Коэффициент объемного заполнения размольной камеры мелющими телами $K_{pз}$	0,38	0,33	0,35	0,37

**Выводы.** Установлено, что спроектированный по разработанными авторами инженерным методикам аппарат нового типа ЭДМ отвечает требованиям производства как по степени измельчения материала, так и по показателю селективности (однородности продукции). Полученные результаты позволяют рекомендовать конструктивную схему ЭДМ к внедрению в аппаратурно-технологические линии переработки материалов в производствах АПК.

#### Литература

1. Пат. 2319546 Российская Федерация, МПК51 В02С 19/00. Способ магнетомеханического измельчения материалов ферромагнитными мелющими телами / Борисков Ф.Ф., Борисков Д.Ф., Филатов А.Л., Мотовилов В.А., Парамонов Л.А.; заявитель и патентообладатель Институт электрофизики Уральского отделения РАН. – 2005134598/03, заявл. 08.11.05; опубл. 20.03.08, Бюл. № 8. – 5 с.
2. Пат. 2536886 Российская Федерация, МПК51 В02С 19/00, В02С 13/00. Способ измельчения материалов во вращающемся барабане ферромагнитными мелющими телами / Смотрицкий А.В., Смотрицкий А.А., Червяков С.А., Борисков Ф.Ф., Овчинник Д.А.; заявитель и патентообладатель ООО «Бюро современных технологий». — 2013131301/13, заявл. 08.07.2013; опубл. 27.12.2014, Бюл. № 36. – 8 с.
3. Беззубцева М.М., Пасынков В.Е., Родюков Ф.Ф. Теоретическое исследование электромагнитного способа измельчения материалов. – СПб.: СПбТИХП, 1993. – 49 с.
4. Беззубцева М.М., Волков В.С. Механоактиваторы агропромышленного комплекса. Анализ, инновации, изобретения // Успехи современного естествознания. – 2014. – №5 (часть 1). – С. 182-183.
5. Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование селективности процесса измельчения в электромагнитных механоактиваторах: монография. - СПб.: СПбГАУ, 2016. - 248 с.
6. Какао, шоколад, пралине /Пер. с нем.; Под ред. Т.П.Ермаковой. – М.: Пищевая промышленность, 2006. – 320 с.
7. Гусаков И.А. Пути рационального использования какао бобов: Обзорн. информ. Сер. 3. – 2003. Вып. 4. – М.: ЦНИИТЭИПП. – 44 с.
8. Kinta Yasuyoshi., Hatta Tamao. Composition, structure and color of fat bloom due to the partial liquefaction of fat in dark chocolate // Journal American Oil Chemistry Society. – 2007. Vol. 84. – № 2. – P. 107-115.
9. Freemantle Michael. Chocolate // Chemical and English News. 2000. – Vol. 78. – № 49. – P. 82.
10. Walter Peggy., Comillon Paul. Influence of thermal conditions and presence of additives on fat bloom in chocolate // Journal American Oil Chemistry Society. – 2001. – Vol. 78. – №9. – P. 927-932.

## Literatura

1. **Pat. 2319546 Rossijskaya Federaciya, MPK51 B02C 19/00.** Sposob magnitomekhanicheskogo izmel'cheniya materialov ferromagnitnymi melyushchimi telami / Boriskov F.F., Boriskov D.F., Filatov A.L., Motovilov V.A., Paramonov L.A.; заявитель i patentoobladatel' Institut elektrofiziki Ural'skogo otdeleniya RAN. – 2005134598/03, заявл. 08.11.05; opubl. 20.03.08, Byul. № 8. – 5 s.
2. **Pat. 2536886 Rossijskaya Federaciya, MPK51 B02C 19/00, B02C 13/00.** Sposob izmel'cheniya materialov vo vrashchayushchemsya barabane ferromagnitnymi melyushchimi telami / Smotrickij A.V., Smotrickij A.A., CHervyakov S.A., Boriskov F.F., Ovchinnik D.A.; заявитель i patentoobladatel' ООО "Byuro sovremennyh tekhnologij". – 2013131301/13, заявл. 08.07.2013; opubl. 27.12.2014, Byul. № 36. – 8 s.
3. **Bezzubceva M.M., Pasyukov V.E., Rodyukov F.F.** Teoreticheskoe issledovanie elektromagnitnogo sposoba izmel'cheniya materialov. – SPb.: SPbTIHP, 1993. – 49 s.
4. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S.** Mekhanoaktivatory agropromyshlennogo kompleksa. Analiz, innovacii, izobreteniya // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2014. – №5 (chast' 1). – S. 182-183.
5. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S.** Issledovanie selektivnosti processa izmel'cheniya v elektromagnitnyh mekhanooaktivatorah: monografiya. SPb.: SPbGAU, 2016. 248 s.
6. Kakao, shokolad, praline /Per. s nem.; Pod red. T.P.Ermakovoj. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 2006. – 320 s.
7. **Gusakov I.A.** Puti racional'nogo ispol'zovaniya kakao bobov: Obzorn. inform. Ser. 3. – 2003. Вып. 4. – М.: CНИИТЕИПП. – 44 s.
8. **Kinta Yasuyoshi., Hatta Tamao.** Composition, structure and color of fat bloom due to the partial liquefaction of fat in dark chocolate // Journal American Oil Chemistry Society. – 2007. Vol. 84. – № 2. – P. 107-115.
9. **Freemantle Michael.** Chocolate // Chemical and English News. 2000. – Vol. 78. – № 49. – P. 82.
10. **Walter Peggy., Comillon Paul.** Influence of thermal conditions and presence of additives on fat bloom in chocolate // Journal American Oil Chemistry Society. – 2001. – Vol. 78. – №9. – P. 927-932.

УДК 631.363.5:636.086.72

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14223

Доктор техн. наук **В.С. КУРАСОВ**  
 Канд. техн. наук **И.Е. ПРИПОРОВ**  
 (ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина», igor85@bk.ru)

### ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕЛКОВОГО КОМБИКОРМА

Для вывода животноводческой отрасли из кризиса необходимы мероприятия по обеспечению полнорационными кормами. Создание технологий, обеспечивающих при наименьших материальных и энергетических затратах приготовление кормов в соответствии с зоотехническими требованиями, позволяет решить данную задачу [1].

Качество комбикормов является основным фактором, направленным на развитие отраслей, обеспечивающих население продуктами питания, которые должны быть сбалансированы и однородны, обладать современной технологией их приготовления [2,3].

Выпуск высококачественных комбикормов направлен на создание крупных животноводческих комплексов, но сдерживается нехваткой техники, а используемое оборудование имеет ряд недостатков, устранение которых является важной задачей [4].

Для обеспечения сельскохозяйственных животных витаминами и питательными веществами в качестве балансирующей добавки (солома), кроме основных кормов, применяются отходы сельского хозяйства, в частности, послеуборочной обработки семян



подсолнечника в виде жмыха, а также продукты переработки сахарной свеклы (силос). Жмых подсолнечный является высокобелковым кормом, содержащим не более 40% протеина, и скармливают его в пределах 5-20% в зависимости от возраста сельскохозяйственного животного [5].

Продуктом переработки сахарной свеклы является свекловичный силос, который также применяется при кормлении сельскохозяйственных животных, а также грубые корма (солома).

Силос имеет высокие питательные свойства, особенно по калорийности и содержанию витаминов (каротин, витамин С, органические кислоты), обладает диетическими свойствами и является ценным продуктом питания. Силос способствует пищеварению и усвоению грубых кормов, повышению молочной продуктивности сельскохозяйственных животных, улучшению качества молока и масла, обогащению их витаминами [6].

В качестве балансирующей добавки используется солома, которая богата клетчаткой и содержит 65-81% целлюлозы [6].

Разработка рационов кормления должно осуществляться таким образом, чтобы сельскохозяйственное животное было обеспечено необходимыми питательными веществами и витаминами [7].

**Цель исследования** – повышение качества приготовления комбикорма с отходами семян подсолнечника в виде жмыха, а также продуктами переработки сахарной свеклы, что позволит расширить их рацион при кормлении сельскохозяйственных животных.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Для производства жмыха подсолнечного применяются технологические линии, которые нуждаются в совершенствовании [8]. Это позволит повысить питательную ценность корма и является актуальной проблемой.

Научные разработки авторов направлены на совершенствование серийных технологий приготовления белкового корма [9].

В качестве объекта исследования был рассмотрен способ получения сушеного свекловичного жома по патенту RU 2542530, включающий стадии отжима, гранулирования, активного вентилирования и сушки.

Недостатком данного способа является энергоемкость процесса сушки, что приводит к большим энергозатратам линии.

Способ получения белкового корма по патенту RU 2636480 включает обработку семян подсолнечника после вторичной очистки с фрагментами корзинок и стеблей подсолнечника для получения жмыха, экструдирование, введение в жмых подсолнечника питательных микроэлементов в соотношении 1:50, смешивание, охлаждение до температуры 30 – 36°C, измельчение корма до рассыпного вида размером гранул 3 – 5 мм.

Недостатком данного способа является отсутствие возможности получить питательный корм по калорийности; низкое содержание витаминов (каротин, витамин С, органические кислоты), что способствует плохому пищеварению сельскохозяйственного животного, низкое качество молока и масла, а также низкое содержание клетчатки.

**Результаты исследований.** Проведенный патентный анализ позволил выявить недостатки существующих способов получения белкового корма, и на основе патентов РФ № 2636480 [10], № 2542530 была предложена технология приготовления комбинированного корма для сельскохозяйственного животного по патенту РФ № 2693302 [6]. Данная технология направлена на получение питательного корма, способствующего лучшему пищеварению сельскохозяйственного животного, повышение содержания витаминов и качества молока, а также увеличение содержания клетчатки.

Технология приготовления комбинированного корма для сельскохозяйственного животного реализуется с помощью устройства (рисунок), которое содержит блок I приготовления подсолнечного жмыха, содержащий машину 1 вторичной очистки, под которой

установлен бункер 2 для хранения, экструдер 3, кондиционер 4, измельчитель 5 жмыха в гранулах и блок II приготовления корма, содержащий бункер 6 для его обогащения питательными микроэлементами, смеситель 7, бункер 8 для хранения и выдачи готового корма.

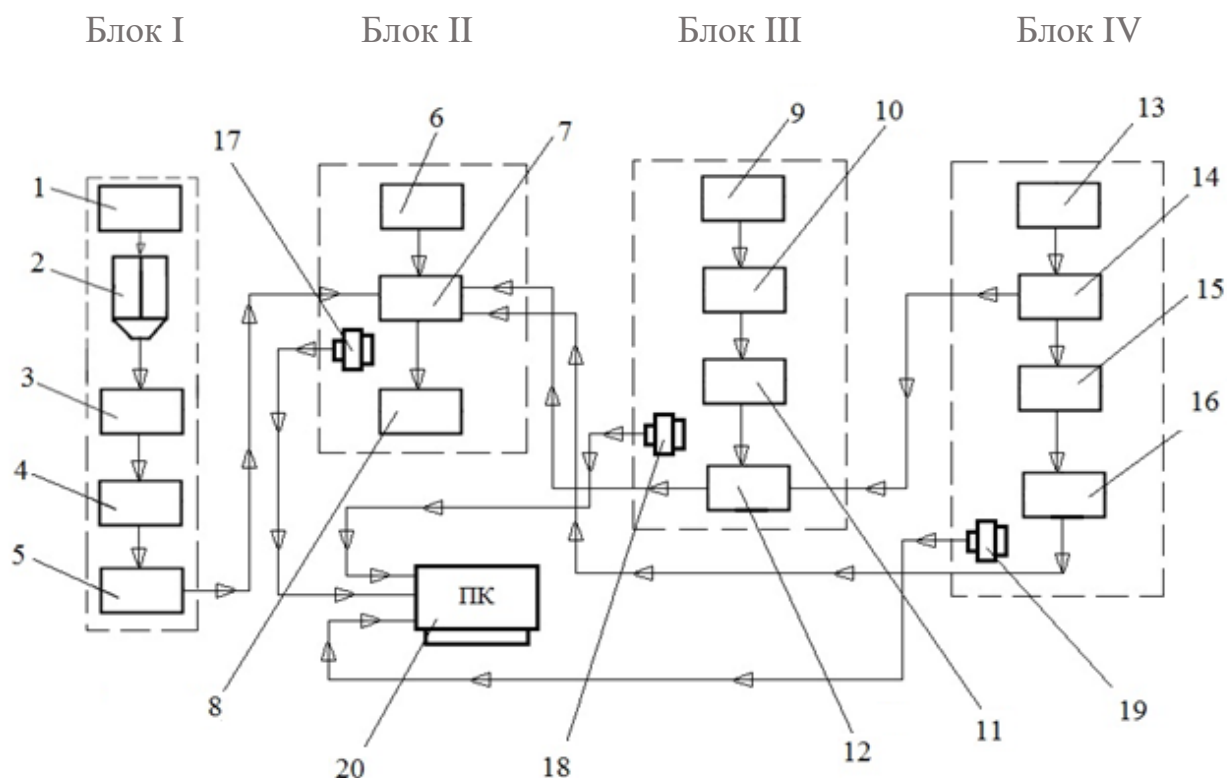


Рисунок. Устройство для реализации способа приготовления комбинированного корма для КРС – общий вид

Система содержит дополнительный блок III для обработки соломы и блок IV для обработки отходов сахарного производства в виде силоса. При этом дополнительный блок III для обработки соломы имеет производственный бункер 9, шнековый питатель 10 соломы, измельчитель 11, запарник 12 соломы, а блок IV для обработки отходов сахарного производства в виде силоса – производственный бункер 13 для силоса, пресс 14, шнековый питатель 15, выход запарника 12 соломы и выход измельчителя 16 силоса соединены со смесителем 7 подсолнечного жмыха. Пресс 14 для силоса соединен с запарником 12 соломы и со шнековым питателем 15 силоса. Причем на выходах из смесителя 7 подсолнечного жмыха, измельчителя 11 соломы и измельчителя 16 силоса расположены мультимедийные устройства 17, 18, 19, сообщенные с персональным компьютером 20.

Технология приготовления комбинированного корма для КРС [6] осуществляется следующим образом.

Из машины 1 вторичной очистки отходы в виде фрагментов корзинок и стеблей, и семена подсолнечника сорта Лакомка после вторичной очистки подают в бункер 2 для хранения продукта переработки масличных культур и далее поступают в экструдер 3, в котором смесь нагревается при температуре 110-170°C и под давлением 4-6 МПа. В результате полученный продукт охлаждается кондиционером 4 и поступает на измельчение в измельчитель 5. Измельченный подсолнечный жмых в рассыпном виде поступает в смеситель 7 и смешивается с питательными микроэлементами (1:50), которые поступают с бункера 6 для обогащения питательными микроэлементами. Если будет меньшее соотношение, то количество питательных микроэлементов в корме недостаточное, а если больше – перенасыщение и качество корма ухудшится.

В корм добавляют в равных соотношения солому и отходы сахарного производства в виде свекловичного силоса, который прессуют с выделением свекловичного сока и измельчают до размера 5-7 см, также измельчают солому до размера 4-5 см и запаривают ее в свекловичном соке в течение 60-90 минут при соотношении 1:2 до выпаривания жидкости. Затем остывшую, запаренную измельченную солому смешивают со свекловичным силосом при соотношении 1:2. Далее полученную смесь смешивают со смесью из питательных микроэлементов и жмыха подсолнечника в соотношении 1:1 и контролируют качество перемешивания. Если перемешивание равномерное, то корм отправляют на хранение, если неравномерное – корм дополнительно перемешивают.

Запаривание измельченной соломы приводит к ее размягчению и повышению ее вкусовых качеств, поеданию и обезвреживанию от плесневых грибков и микробов [6].

При этом с помощью мультимедийного устройства 17 получают изображение смешанной смеси (измельченных свекловичного силоса и соломы, подсолнечный жмых с питательными микроэлементами), которое подают на компьютерную обработку с программным обеспечением Mathcad для определения качества смешивания свекловичного силоса и соломы, подсолнечный жмых с питательными микроэлементами, соответствующее зоотехническим требованиям на смешивание. Если качество смешивания не соответствует зоотехническим требованиям, то его отправляют на дополнительное смешивание.

С помощью мультимедийного устройства 18 получают изображение измельченной соломы, которое подают на компьютерную обработку с программным обеспечением Mathcad для определения качества измельчения соломы, соответствующее зоотехническим требованиям на измельчение. Если качество измельчения не соответствует зоотехническим требованиям, то его отправляют на дополнительное измельчение.

С помощью мультимедийного устройства 19 получают изображение измельченного свекловичного силоса, которое подают на компьютерную обработку с программным обеспечением Mathcad для определения качества измельчения свекловичного силоса, соответствующее зоотехническим требованиям на измельчение. Если качество измельчения не соответствует зоотехническим требованиям, то его отправляют на дополнительное измельчение.

Для подтверждения эффективности предложенной технологии приготовления комбинированного корма для КРС были проведены исследования. Для проведения исследования были созданы две группы коров-аналогов (порода черно-пестрая) по 100 голов каждая, одной группе коров давали белковый корм, полученный по прототипу, а другой – корм с использованием запаренной соломы и свекловичного силоса. Анализируя полученные данные, было установлено, что при кормлении коров кормом с использованием запаренной соломы и свекловичного силоса, среднесуточный удой увеличился на 10-15%, а привес составил 5-8%.

**Выводы.** Технология приготовления комбинированного корма для сельскохозяйственных животных позволит повысить питательные свойства корма по калорийности и содержанию витаминов (каротин, витамин С, органические кислоты), что будет способствовать повышению качества молока и масла, улучшению их пищеварения, а также повысит содержание клетчатки. Данная технология позволяет повысить среднесуточной удой молока на 10-15%, а привес – на 5-8%.

### Литература

1. **Тищенко М.А., Токарева А.Н., Хлебов Ю.А.** Перспективные технологии кормления крупного рогатого скота // Энергосбережение и энергосберегающие технологии в АПК. – 2003. – Вып.1. – С. 81–86.
2. **Коротков В.Г.** Синтез процессов и оборудования экструзионной технологии для приготовления комбикормов: автореф. дис... доктора техн. наук. – Оренбург: ОГАУ, 2009. – 35 с.

3. **Припоров И.Е., Шепелев А.Б., Минов А.Н.** Перспективы производства белковых кормов из семян подсолнечника на малых сельскохозяйственных предприятиях // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – №04(148). – С. 16-30. – IDA [arcticle ID]: 1481904002. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2019/04/pdf/02.pdf>, 0,875 у.п.л.
4. **Спандияров Е.** Разработка и совершенствование процессов и оборудования производства комбикормов: автореф. дис... доктора техн. наук. – М.: МГАПП, 1994. – 49 с.
5. **Абилов Б.Т., Крючков П.Г., Джафаров Н.М.** Использование отходов подсолнечника в рационах откормочного молодняка крупного рогатого скота: сб. науч. тр. / ВНИИ овцеводства и козоводства. – 2004. – Т. 2. – № 2-2. – С. 28–30.
6. **Патент № 2693302** Российская Федерация: МПК А23К 10/30, А23К 40/107/00. Способ приготовления комбинированного корма для крупного рогатого скота / И.Е. Припоров, Т.Н. Бачу; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина». – № 2018138826; заявл. 02.11.2018; опубл. 02.07.2019. Бюл. № 19.
7. **Абилов Б.Т., Синельщикова И.А., Зарытовский А.И., Болотов Н.А.** Энергетическая кормовая добавка в кормлении коров: сб. науч. тр. / ВНИИ овцеводства и козоводства. – 2014. – Т. 1. – №7(1). – С. 78–82.
8. **Василенко В.Н.** Научное обеспечение процессов производства полнорационных коэкструдированных и экспандированных комбикормов: автореф. дис... доктора техн. наук. – Воронеж: ВГТА, 2010. – 44 с.
9. **Припоров И.Е., Бачу Т.Н.** Направления совершенствования технологий приготовления белковых кормов // Известия Оренбургского ГАУ. – 2019. – №2 (76). – С. 104-106.
10. **Припоров И.Е.** Системные исследования приготовления белковых комбикормов // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – №1. – С. 75-81.

#### Literatura

1. **Tishchenko M.A., Tokareva A.N., Hlebov YU.A.** Perspektivnye tekhnologii kormleniya krupnogo rogatogo skota // Energoberezhenie i energosberegayushchie tekhnologii v APK. – 2003. – Вып.1. – С. 81–86.
2. **Korotkov V.G.** Sintez processov i oborudovaniya ekstruzionnoj tekhnologii dlya prigotovleniya kombikormov: avtoref. dis... doktora tekhn. nauk. – Orenburg: OGAU, 2009. – 35 s.
3. **Priporov I.E., Shepelev A.B., Minov A.N.** Perspektivy proizvodstva belkovykh kormov iz semyan podsolnechnika na malyh sel'skohozyajstvennykh predpriyatiyah // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2019. – №04(148). – S. 16-30. – IDA [arcticle ID]: 1481904002. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2019/04/pdf/02.pdf>, 0,875 u.p.l.
4. **Spandiyarov E.** Razrabotka i sovershenstvovanie processov i oborudovaniya proizvodstva kombikormov: avtoref. dis... doktora tekhn. nauk. – M.: MGAPP, 1994. – 49 s.
5. **Abilov B.T., Kryuchkov P.G., Dzhafarov N.M.** Ispol'zovanie othodov podsolnechnika v racionah otkormochnogo molodnyaka krupnogo rogatogo skota: sb. nauch. tr. / VNIИ ovcevodstva i kozovodstva. – 2004. – Т. 2. – № 2-2. – S. 28–30.
6. **Patent № 2693302** Rossijskaya Federaciya: MPK A23K 10/30, A23K 40/107/00. Spособ prigotovleniya kombinirovannogo korma dlya krupnogo rogatogo skota / I.E. Priporov, T.N. Bachu; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. I.T. Trubilina». – № 2018138826; zayavl. 02.11.2018; opubl. 02.07.2019. Byul. № 19.
7. **Abilov B.T., Sinel'shchikova I.A., Zarytovskij A.I., Bolotov N.A.** Energeticheskaya kormovaya dobavka v kormlenii korov: sb. nauch. tr. / VNIИ ovcevodstva i kozovodstva. – 2014. – Т. 1. – №7(1). – S. 78–82.
8. **Vasilenko V.N.** Nauchnoe obespechenie processov proizvodstva polnорационnykh koekstrudirovannykh i ekspandirovannykh kombikormov: avtoref. dis... doktora tekhn. nauk. – Voronezh: VGTA, 2010. – 44 s.

9. **Priporov I.E., Bachu T.N.** Napravleniya sovershenstvovaniya tekhnologij prigotovleniya belkovykh kormov // *Izvestiya Orenburgskogo GAU.* – 2019. – №2 (76). – S. 104-106.
10. **Priporov I.E.** Sistemnye issledovaniya prigotovleniya belkovykh kombikormov // *Traktory i sel'hozmashiny.* – 2019. – №1. – S. 75-81.

УДК 631.333.93:631.826

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14228

Доктор техн. наук, профессор **В.В. МОРОЗОВ**  
(ФГБОУ ВО «Великолукская государственная  
сельскохозяйственная академия», e-mail: rektor@vgsa.ru)  
Старший преподаватель **Л.Н. САВЕЛЬЕВА**  
(ФГБОУ ВО «Великолукская государственная  
сельскохозяйственная академия», e-mail: luida\_1978@bk.ru)

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА САПРОПЕЛЕ-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Максимально возможные урожаи сельскохозяйственных культур можно получить только при совместном применении органических и минеральных удобрений. При этом минеральные удобрения в основном способствуют повышению урожайности. Органические удобрения, помимо повышения урожайности, улучшают структуру и плодородие почвы, способствуя увеличению содержания гумуса, что непременно сказывается на качестве продукции.

Чтобы повысить урожайность и минимизировать дефицит гумуса в почве Нечерноземной зоны РФ с низким естественным плодородием, требуется увеличить внесение органических удобрений на 50% к достигнутому уровню. Одним из важнейших резервов местного органического сырья для производства удобрений являются богатейшие запасы озерных сапропелей [1, 2].

По данным «Торфогеология», на территории России выявлено сапропелевых отложений с общим запасом 230 млрд. м<sup>3</sup>, в том числе 50 млрд. м<sup>3</sup> в Нечерноземной зоне. Мощность, то есть глубина залежи сапропелевых отложений, наиболее часто находится в пределах от 3 до 12 м, а иногда достигает 40 м [3].

Внимание ученых, занимающихся проблемой сапропелей, обращено на сельскохозяйственное использование их в качестве удобрений. Всевозрастающая интенсификация сельского хозяйства требует постоянного наращивания производства минеральных и органических удобрений. Однако практика показывает, что использование только минеральных удобрений приводит к ряду нежелательных факторов. Основными из них являются загрязнение окружающей среды в результате смыва в озера и реки биогенных элементов, пестицидов, а также накопление в почве болезнетворных микроорганизмов, способных вызвать болезни растений. Внесение органических веществ в почву (навоз, торф, сапропель и др.), наряду с обогащением ее многими элементами питания, стимулирует развитие микробиологических процессов, благодаря чему обеспечивается самоочищение почвы и ускоряется процесс разложения гербицидов. Кроме того, органические вещества обладают способностью улучшать структуру почвы, ее водный и воздушный режимы.

Опыт применения сапропелей в сельском хозяйстве подтверждает, что затраты на их добычу окупаются прибавками урожая. При этом действие сапропеля не ограничено одним годом. Агрономическая эффективность и продолжительность действия его во многом зависят от дозы внесения. При внесении сапропеля в количестве 40-80 т/га его улучшающее действие прослеживается в течение 2-3 лет. С повышением нормы внесения эффективность и длительность его воздействия увеличиваются.

Чтобы добиться наиболее эффективного использования сапропеля на удобрение, необходимо знать общий уровень зольности и состав его минеральной части. Результаты полевых испытаний показывают, что использование сапропелевых удобрений в чистом виде обеспечивает вполне удовлетворительные прибавки урожая, а также приводит к снижению актуальной и потенциальной кислотности почвы, улучшается водно-воздушный режим, физические и водно-физические свойства почвы, пополняются запасы гумуса. Для получения таких же прибавок, как и от навоза, его необходимо вносить в 2-3 раза больше.

Эффективность сапропелей как удобрений может быть повышена в результате внесения их совместно с навозом или минеральными удобрениями. Учитывая хорошие связующие свойства и способность при высыхании образовывать прочные гранулы, которые в дальнейшем медленно размягчаются под действием влаги и микроорганизмов, органические сапропели с успехом можно использовать для получения гранулированных органо-минеральных удобрений с добавками NPK и микроэлементов. Скорость выщелачивания минеральных веществ из таких гранул намного меньше, чем скорость растворения отдельно приготовленных гранул из солей, вследствие чего повышается коэффициент использования питательных веществ растениями, снижается опасность загрязнения вод за счет выноса биогенных элементов с грунтовыми водами [4].

Вопросам создания медленно действующих удобрений, повышающих эффективность использования питательных веществ, уделяется достаточно много внимания у нас в стране и за рубежом. На фоне этого большой практический интерес представляют те методы улучшения качества удобрений, которые не усложняют в заметной степени технологический процесс их производства и не требуют использования дефицитных и дорогих реагентов и кондиционирующих добавок. К их числу относятся производство органо-минеральных удобрений, в которых связующее органическое вещество обеспечивает замедленную растворимость минеральных компонентов в воде, а также является дополнительным источником питательных элементов для растений [5].

Таким образом, сапропель является ценным комплексным сырьем для производства удобрений, так как содержит все необходимые для питания растений вещества. Как органо-минеральное удобрение, сапропель равноценен навозу, большой недостаток которого испытывает почва нашей зоны [5]. Сапропель улучшает структуру почвы, благодаря повышенному содержанию кальция, способствует раскислению почвы [4].

В многолетнюю практику использования сапропеля положены идеи с переработкой технологического оборудования для заготовки торфа, внесением в чистом виде или вместе с навозом [6]. Применение сапропелевых удобрений в виде сапропеле-минеральной смеси повышает плодородие почвы, за счет обогащения гумусовыми соединениями, азотом, фосфором, кальцием и микроэлементами. При внесении сапропеле-минеральной смеси активизируются агрономические показатели микрофлоры, повышается подвижность питательных веществ. Однако процесс смешивания сапропеля с минеральными удобрениями недостаточно изучен. В результате в большинстве областей Северо-Западного региона ресурсы сапропеля используются слабо, поэтому совершенствование технологического процесса производства сапропелевых удобрений с улучшением его качества имеет важное научное и народнохозяйственное значение.

Смешивание является одной из наиболее значимых и энергоемких операций в технологии производства сапропеле-минеральных удобрений. Поэтому с целью проведения дальнейших исследований данного процесса следует более подробно рассмотреть известные в настоящее время смесительные устройства и способы смешивания.

В зависимости от физико-механических и гранулометрических свойств перерабатываемых материалов применяют различные способы их смешивания. Ввиду того что в литературе нет конкретных данных о машинах для смешивания сапропеле-минеральных смесей, нами рассмотрены аппараты для смешивания сыпучих материалов, применяемые в различных отраслях народного хозяйства.

Наиболее экономным и эффективным является непрерывный процесс смешивания. В смесителях непрерывного действия поступление компонентов в камеру смешивания и выход из нее готовой смеси происходит непрерывно. Эти смесители представляют собой вращающийся барабан, внутри которого могут быть смонтированы перемешивающие устройства (горизонтальные полосы, параллельные оси барабана), улучшающие смешение в осевом направлении.

Барабанные смесители, в отличие от остальных смесителей, обладают простотой конструкции, надежностью в эксплуатации, меньшей материалоемкостью и энергозатратами. Поэтому в качестве объекта исследования нами был выбран непрерывно действующий смесительный агрегат барабанного типа, обладающий способностью сглаживать флуктуации мгновенных расходов входных потоков за счет направленной организации движения их внутри аппарата.

**Цель исследования** – обоснование конструктивных и технологических параметров барабанно-лопастного смесителя для производства однородной смеси сапропеле-минеральных удобрений.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования технологических параметров и режимов работы барабанного смесителя с лопастями, расположенными на внутренней стенке барабана под углом по отношению к радиальному направлению, проводили на лабораторной установке (рис. 1). Привод барабанного смесителя осуществляли от электродвигателя постоянного тока 4 типа 2ПН112 МУХЛ4, частоту вращения которого изменяли регулятором оборотов 5 за счет электрической схемы управления.



Рис. 1. Установка для исследования работы барабанно-лопастного смесителя: 1 – барабан; 2 – загрузная воронка; 3 – рама; 4 – электродвигатель привода барабана смесителя; 5 – регулятор оборотов электродвигателя; 6 – транспортер; 7 – дозатор минеральных удобрений; 8 – дозатор сапропеля; 9 – электродвигатель привода транспортера; 10 – электродвигатель привода дозаторов; 11 – выгрузная воронка

Частоту вращения двигателя измеряли электротехометром ТЭ-240, потребляемую мощность определяли при помощи мультиметров при установившемся режиме работы смесителя [2].

Качество смешивания устанавливали по результатам анализа: смесь считается хорошей при  $\lambda > 92\%$ , удовлетворительной – при  $\lambda = 90-92\%$ , плохой – при  $\lambda < 85\%$ .

Для экспериментальных исследований барабанно-лопастного смесителя использовали методику многофакторного эксперимента [9]. Исследования проводили при одновременном варьировании всех факторов, уровни которых принимались по специальным расчетам и определялись опытным путем, при этом число опытов сводилось к минимуму. В качестве математической модели степени однородности нами была выбрана зависимость вида:

$$y = f(x_1, x_2, \dots). \tag{1}$$

В качестве переменных факторов выбирали следующие параметры:

a – количество лопаток на внутренней стенке барабана, шт.;

b – ширина лопатки, мм;

n – частота вращения барабана, об/мин;

$\varepsilon$  – угол наклона лопатки, град.

Значения факторов и уровни их варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Факторы и уровни варьирования

Фактор и единица измерения	Натуральные обозначения	Кодовое обозначение	Интервал варьирования	Уровни варьирования натуральные			Уровни варьирования кодовые		
				верхний	нулевой	нижний	верхний	нулевой	нижний
Количество лопаток, шт.	a	X <sub>1</sub>	2	8	6	4	+1	0	-1
Ширина лопатки, мм	b	X <sub>2</sub>	30	180	150	120	+1	0	-1
Частота вращения барабана, об/мин	n	X <sub>3</sub>	5	40	35	30	+1	0	-1
Угол наклона лопатки, град.	$\varepsilon$	X <sub>4</sub>	4	20	16	12	+1	0	-1

В качестве критерия оптимизации выбирали:

$\lambda$  – степень однородности сапропеле-минеральной смеси, %.

При исследовании влияния сапропеле-минеральной смеси на рост и развитие растений, а также на содержание в почве основных элементов.

Объектом исследования являлась сапропеле-минеральная смесь рецептурой, рассчитанной для внесения под зерновые культуры, включающая органический сапрпель и минеральные добавки в виде карбамида, двойного суперфосфата и хлористого калия. Данные минеральные компоненты были выбраны исходя из условий смешиваемости [10], которые позволяют смешивать эти виды удобрений за неопределенное время до внесения в почву [8]. В соответствии с рекомендациями [7], соотношение азота, фосфора и калия, равное 1:1:1,2, является оптимальным при внесении данных удобрений в дерново-подзолистые почвы под зерновые культуры.

**Результаты исследований.** В результате многофакторного регрессионного анализа, выполненного на основе результатов исследований в программе Statistica, получено уравнение регрессии [10] зависимости качества смесеобразования от факторов a, n,  $\varepsilon$ , b.



$$\lambda = -219,263 + 64,7864 \cdot a - 1,22003 \cdot n + 17,7351 \cdot \varepsilon - 0,0350231 \cdot b + 0,0929688 \cdot a \cdot n - 0,0695312 \cdot a \cdot \varepsilon + 0,0148958 \cdot a \cdot b - 0,00130208 \cdot \varepsilon \cdot b - 5,67679 \cdot a^2 - 0,525446 \cdot \varepsilon^2 \quad (2)$$

Принимая во внимание значения коэффициентов полученной математической модели, анализируя поверхность отклика (рис. 2), отмечаем наилучшее качество перемешивания при количестве лопаток от 5 до 7 штук. Частота вращения барабана при этом находится в пределах 30-40 мин<sup>-1</sup>, дальнейшее её увеличение влечет нарушение процесса перемешивания, что связано с увеличением влияния центробежной силы, действующей на смешиваемые материалы. При этом процесс осыпания материала с перегородок при вращении барабана нарушается.

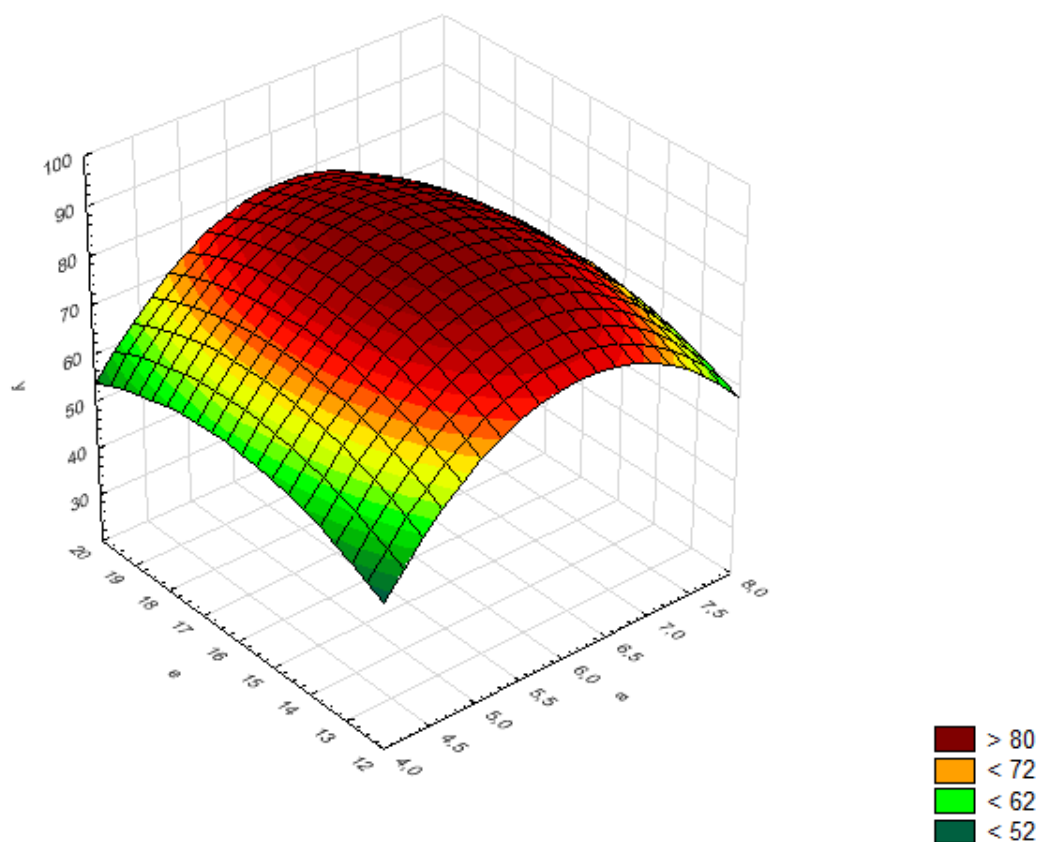


Рис. 2. зависимость качества смеси от частоты вращения и числа лопаток

Наилучшее значение качества смеси  $\lambda$  достигается при количестве лопаток 6 штук и ширине лопатки от 150 до 170 мм, дальнейшее увеличение снижает качество перемешивания за счет того, что материал при вращении не успевает осыпаться с лопатки.

Также были проведены исследования по энергозатратам на процесс смешивания. В результате многофакторного регрессионного анализа, выполненного на основе данных исследований, установлена зависимость энергозатрат на процесс смешивания от факторов  $a$ ,  $n$ ,  $\varepsilon$ ,  $b$ . После проведения повторного многофакторного регрессионного анализа, без учета незначимых эффектов, было получено уравнение регрессии:

$$N = 4680,02 - 233,963 \cdot a - 27,2365 \cdot n - 155,139 \cdot \varepsilon - 26,1982 \cdot b + 0,174375 \cdot a \cdot n - 0,289063 \cdot a \cdot \varepsilon - 0,106458 \cdot a \cdot b - 0,116875 \cdot n \cdot \varepsilon + 20,7656 \cdot a^2 + 0,468656 \cdot n^2 + 5,01953 \cdot \varepsilon^2 + 0,0907917 \cdot b^2 \quad (3)$$

Принимая во внимание значения коэффициентов полученной математической модели, анализируя поверхность отклика (рис. 3), отмечаем значительное влияние частоты вращения барабана смесителя. Во всем исследуемом диапазоне наблюдается резкое возрастание затрат энергии при увеличении частоты вращения свыше 35 мин<sup>-1</sup>. Увеличение ширины лопаток свыше 150 мм влечет рост энергозатрат. При ширине лопаток менее 130 мм также наблюдается рост потребления энергии, за счет снижения интенсивности смещения перемешиваемой массы вдоль барабана, накопления её в барабане и, как следствие, увеличения сопротивления вращению барабана. Количество лопаток не изменяет характер при изменении прочих факторов; наименьшие энергозатраты выявлены при их количестве от 5 до 7 штук.

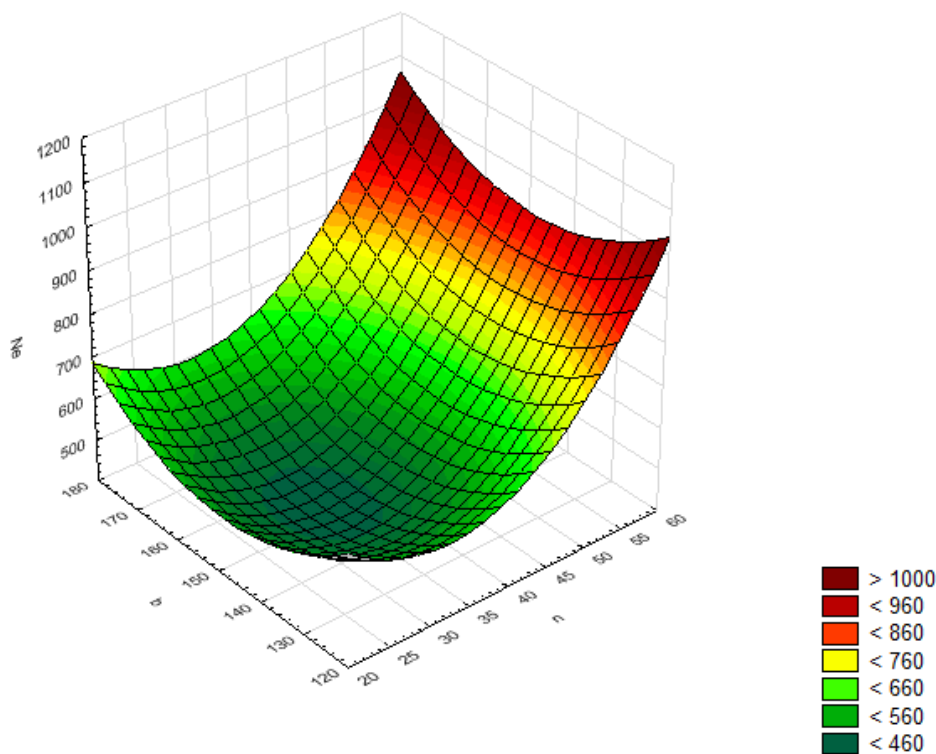


Рис.3. Зависимость мощности барабанно-лопастного смесителя от частоты вращения барабана и ширины лопаток

Угол расположения лопаток  $\varepsilon$  не оказывает значительного влияния на затраты энергии на работу смесителя.

При исследовании влияния сапропеле-минеральных удобрений на рост и развитие пшеницы и на агрохимические показатели почвы использовали трехвариантную схему: 1. Сапропель 2. NPK в соотношении 1:1:1,2 3. Сапропеле-минеральные удобрения. Повторность каждого варианта была трёхкратной, в течение вегетации растений велись наблюдения и установлено, что растения пшеницы во втором и третьем вариантах при внесении минеральных удобрений и сапропеле-минеральных удобрений развивались быстрее растений, удобренных чистым сапропелем во всех фазах. В фазе кушения было заметно более слабое развитие растений в первом варианте, однако сам процесс кушения их был активнее, что стало причиной образования большего числа колосьев, чем в других вариантах, хотя и меньшего размера. Основные характеристики растений, зафиксированные после их уборки в фазу полной спелости, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние различных видов удобрения на основные показатели характеристики растений

Варианты	Средняя высота стебля, мм	Средняя длина колоса, мм	Масса стеблей на один сосуд, г	Масса зерна на один сосуд, г	Урожайность, ц/га
Сапропель	512	65	12,9	10,1	25,3
НПК 1:1:1,2	553	70	13,2	10,6	26,5
СМУ	596	78	14,6	11,5	28,7

Анализируя данные табл. 2, установлено, что сапропеле-минеральные удобрения положительно повлияли на рост и развитие растений и повысили урожайность на 2,2 ц/га.

Исследования, направленные на изучение влияния сапропеле-минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы, показали положительное влияние на увеличение содержания легкогидролизуемого азота в 1,66 раза, подвижного фосфора – в 1,26 раза, обменного калия – в 1,14 раза.

#### Выводы:

1. В результате исследований, в соответствии с требованиями к качеству смеси удобрения, установлены рациональные конструктивные и технологические параметры барабанного смесителя.

2. Установлено положительное влияние сапропеле-минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы, а также на рост и развитие растений и повышение урожайности зерновых культур.

#### Литература

1. Павлов А.Н. Повышение эффективности использования сапропеля естественной влажности на удобрение путем улучшения качественных характеристик и конструкции шнекового нагнетателя: дис... канд. техн. наук. – СПб., 1998. – 187 с.
2. Савельева Л.Н., Евентьева Е.А. Расчетно-теоретические предпосылки к обоснованию технологических параметров барабанного смесителя непрерывного действия // Молодой ученый. – 2008. – №1. – С. 32-36.
3. Малноч А.О. Совершенствование технологического процесса приготовления сапропеле-минеральных гранулированных удобрений путем обоснования конструктивных и технологических параметров прессующего устройства: дис... канд. техн. наук. – В. Луки, 2000. – 187 с.
4. Морозов В.В., Савельева Л.Н. Обоснование параметров барабанного смесителя сапропеле-минеральных удобрений // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2016. – № 22 (27). – С. 15-21.
5. Морозов В.В., Павлов А.Н., Кокунова И.В., Малноч А.О. Сапропель – важнейший источник органических удобрений // Земледелие. – 2001. – №5.
6. Мееровский А.С. Сапропелевые удобрения. – Минск: Наука и техника, 1983. – 120 с.
7. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1973. – 195 с.
8. Попков А.Н. Создание метода расчета барабанных смесителей сыпучих материалов непрерывного действия с винтовой рабочей поверхностью: дис... канд. техн. наук. – Ярославль, 1990.
9. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1980. – 168с.
10. Коптев В.В., Богомягих В.А., Трифонова М.Ф. Основы научных исследований и патентования. – М.: Колос, 1993. – 144 с.

### Literatura

1. **Pavlov A.N.** Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya sapropelya estestvennoj vlazhnosti na udobrenie putem uluchsheniya kachestvennykh harakteristik i konstrukcii shnekovogo nagnetatelya: dis... kand. tekhn. nauk. – SPb., 1998. – 187 s.
2. **Savel'eva L.N., Event'eva E.A.** Raschetno-teoreticheskie predposylki k obosnovaniyu tekhnologicheskikh parametrov barabannogo smesitelya nepreryvnogo dejstviya // Molodoj uchenyj. – 2008. – №1. – S. 32-36.
3. **Malnoch A.O.** Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo processa prigotovleniya sapropele-mineral'nyh granulirovannykh udobrenij putem obosnovaniya konstruktivnykh i tekhnologicheskikh parametrov pressuyushchego ustrojstva: dis... kand. tekhn. nauk. – V. Luki, 2000. – 187 s.
4. **Morozov V.V., Savel'eva L.N.** Obosnovanie parametrov barabannogo smesitelya sapropele-mineral'nyh udobrenij // Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta. – 2016. – № 22 (27). – S. 15-21.
5. **Morozov V.V., Pavlov A.N., Kokunova I.V., Malnoch A.O.** Sapropel' – vazhnejshij istochnik organicheskikh udobrenij // Zemledelie. – 2001. – №5.
6. **Meerovskij A.S.** Sapropelevye udobreniya. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1983. – 120 s.
7. **Vedenyapin G.V.** Obshchaya metodika eksperimental'nogo issledovaniya i obrabotki opytnyh dannyh. – M.: Kolos, 1973. – 195 s.
8. **Popkov A.N.** Sozdanie metoda rascheta barabannykh smesitelej sypuchih materialov nepreryvnogo dejstviya s vintovoj rabochej poverhnost'yu: dis... kand. tekhn. nauk. – YAroslavl', 1990.
9. **Mel'nikov S.V., Aleshkin V.R., Roshchin P.M.** Planirovanie eksperimenta v issledovaniyah sel'skokozyajstvennykh processov. – L.: Kolos, 1980. – 168s.
10. **Koptev V.V., Bogomyagkih V.A., Trifonova M.F.** Osnovy nauchnykh issledovaniy i patentovedeniya. – M.: Kolos, 1993. – 144 s.

УДК 361.362: 004.942

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14235

Канд. техн. наук **Н.Н. КУЗНЕЦОВ**  
(ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 027781@mail.ru)  
Канд. техн. наук **Р.А. ШУШКОВ**  
(ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, roma970@mail.ru)  
Канд. техн. наук **В.Н. ВЕРШИННИН**  
(ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, viknikver@mail.ru)

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЕННОГО ЗЕРНА

Современная технология послеуборочной обработки предполагает сушку всего поступившего семенного зерна в «мягких», энергозатратных тепловых режимах. При этом потенциальная фуражная фракция выделяется только при первичной и вторичной очистках [1, 6].

Технология с применением фракционирования до сушки предполагает разделение зернового вороха на несколько потоков при предварительной очистке. Эти потоки отличаются друг от друга физико-механическими свойствами, составом, назначением, интенсивностью и дальнейшей обработкой каждого потока по оптимальной для него технологии [1].

Реализация модели предполагает практическое использование результатов моделирования для определения пропускной способности технологической линии обработки зернового вороха без выделения и с выделением фуражной фракции до сушки.

**Цель исследования** – повышение эффективности технологии послеуборочной обработки семенного зерна на основе фракционирования зернового вороха до сушки.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Результаты исследований включают анализ материалов по типовым технологиям и техническим средствам для послеуборочной обработки зерна. В работе применяли теоретические методы исследования, основанные на математическом моделировании работы зерноочистительно-сушильного пункта.

Объект исследования – технологический процесс фракционирования и сушки зернового вороха на зерноочистительно-сушильных пунктах.

**Результаты исследований.** В зонах повышенного увлажнения для послеуборочной обработки зернового вороха применяют в основном поточно-периодическую технологию с использованием зерноочистительно-сушильных агрегатов и комплексов, а также технологических линий, комплектуемых из отдельных машин и механизмов [1, 2].

Исследуемая технология послеуборочной обработки зерна является типовой и включает последовательное выполнение следующих операций: прием зернового вороха, предварительную очистку зерна от примесей и пыли, временное хранение зерна в бункерах активного вентилирования, сушку зерна до кондиционной влажности, отлежку и охлаждение зерна в бункерах активного вентилирования, первичную очистку, вторичную очистку и сортирование. При обработке фуражного зерна первичная очистка, вторичная очистка и сортирование не проводятся [1, 2, 6].

Концептуальная модель работы технологической линии послеуборочной обработки семенного зерна предполагает, что на зерноочистительно-сушильный пункт (ЗОСП) в течение суток поступит 120 тонн влажного зернового вороха. В соответствии с принятой технологией послеуборочной обработки зерна до его сушки будет произведено фракционирование зернового вороха на фракционерах ворохоочистителях (машинах предварительной очистки) и будет выделено 30% зерна в фуражную фракцию.

После машин предварительной очистки и проведения фракционирования зернового вороха предполагается использовать отдельные бункера активного вентилирования для накопления и временного хранения семенной и фуражной фракций.

При дальнейшей работе предполагается вначале высушить семенную фракцию, составляющую 70% от общего объема семенного вороха. Обработка этой фракции будет происходить в семенном режиме работы оборудования ЗОСП, то есть сушка будет выполнена в семенном режиме работы сушилки, а далее будут выполнены операции первичной, вторичной и триерной очистки высушенного зерна.

Во время сушки семенного зерна фуражная фракция будет находиться в бункерах-накопителях, где необходимо проводить её активное вентилирование атмосферным воздухом. Во время проведения активного вентилирования фуражного зерна может быть удалено до 3-4% влаги, что в дальнейшем ускорит процесс сушки фуражной фракции и позволит уменьшить расход топлива на выполнение этой операции.

После завершения сушки зерна семенной фракции будет высушена фуражная фракция. Обработка этой фракции будет происходить в фуражном режиме работы сушилки, а операции первичной, вторичной и триерной очистки выполняться не будут.

Также предполагается, что при работе технологической линии послеуборочной обработки семенного зерна без предварительного фракционирования зернового вороха, на машинах первичной очистки будет отсортировано и удалено 10% фуража, на машинах вторичной очистки – 20% фуража, на триерных блоках – 5% дроблёного зерна.

Для моделирования работы зерноочистительно-сушильного пункта было выбрано технологическое оборудование, производительность которого представлена в таблице 1, и определено среднее время обработки 1 ц зерна каждым видом оборудования в с/ц.

В соответствии с принятой технологией послеуборочной обработки зерна разработали программу имитационной модели на языке GPSS. Данная программа позволяет выполнить компьютерное имитационное моделирование работы зерноочистительно-сушильного пункта, как при сушке всего поступившего зернового вороха в семенном режиме, так и имитационное моделирование работы ЗОСП с выделением из общего зернового вороха на

машинах предварительной очистки 30% зерна в фуражную фракцию и дальнейшую сушку выделенного зерна в фуражном режиме [3-5, 8].

Таблица 1. Производительность технологического оборудования ЗОСП

Оборудование	Производительность, т/ч	Среднее время обработки 1 ц зерна, с/ц
1. Машина предварительной очистки	30	12
2. Сушилка		
- фуражный режим	16	23
- семенной режим	8	45
3. Машина первичной очистки		
- без фуражной фракции	18	20
- с фуражной фракцией	15	24
4. Машина вторичной очистки		
- без фуражной фракции	18	20
- с фуражной фракцией	15	24
5. Триерный блок	16	23

В программу введены переменные величины, значения которых устанавливаются в зависимости от производительности машин, применяемых в технологической линии, и от вариантов работы технологического оборудования [7, 9, 10].

В модели в качестве транзакта принят один центнер зерна, а за единицу модельного времени принят интервал времени 1 секунда.

Для получения случайных величин интервалов обслуживания транзактов использованы непрерывная числовая функция, заданная табличной зависимостью, содержащей 24 точки. Для генерирования случайных чисел использован встроенный в GPSS генератор случайных чисел.

Запуск модели осуществляется картой START, в поле операндов которой указано общее количество стартов (1200), соответствующее общему количеству зерна в центнерах, которое необходимо высушить.

При моделировании были получены стандартные отчёты о работе технологической линии без фракционирования зернового вороха до сушки и с фракционированием зернового вороха (выделяется 30% фуражной фракции до сушки). Результаты моделирования сведены в таблицу 2.

За время моделирования на зерноочистительно-сушильный пункт поступило 1200 ц зерна. При сушке без выделения фуражной фракции получено 797 ц сухого семенного зерна и 403 ц фуражного зерна, из которого 116 ц было выделено на машинах первичной очистки, 236 ц – на машинах вторичной очистки и 51 ц – на триерных блоках.

Сушилка во время работы была загружена на 99,9%. При заданных интервалах поступления сырого зернового вороха с поля от комбайнов и таком режиме работы оборудования потребуется два бункера активного вентилирования БВ-40 для временного хранения сырого зерна до сушки.

Общее время работы зерноочистительно-сушильного пункта без выделения фуражной фракции до сушки при обработке 120 тонн зерна составило 52565 секунд, или 14,6 часа.

При обработке зерна с выделением фуражной фракции до сушки на машинах предварительной очистки было выделено 336 ц фуражного зерна. Оставшиеся 864 ц зерна просушили в семенном режиме, и в процессе обработки дополнительно на триерных блоках было выделено ещё 48 ц дроблёного зерна, которое также отправили на фураж. Общее количество фуражного зерна составило 384 ц. Семенного зерна было получено 816 ц.

Выделенное фуражное зерно 336 ц просушили после сушки семенного зерна в фуражном режиме без последующей очистки и сортировки.

Сушилка во время работы была загружена на 99,9%. При таком режиме работы потребуются один бункер активного вентилирования БВ-40 для временного хранения сырого семенного зерна до сушки и один бункер активного вентилирования БВ-40 для временного хранения сырого фуражного зерна.

Общее время работы зерноочистительно-сушильного пункта с выделением фуражной фракции до сушки при обработке 120 тонн зерна составило 40326 секунд, или 11,2 часа.

При выделении фуражной фракции до сушки на 25% увеличилась нагрузка на машины предварительной очистки (фракционеры). На машины первичной и вторичной очистки нагрузка, наоборот, снизилась, соответственно, на 29% и 15%.

Таблица 2. Результаты моделирования

Показатели	Варианты работы технологического оборудования	
	без выделения фуражной фракции до сушки	с выделением фуражной фракции до сушки
1. Общее время работы ЗОСП, с (час)	52565 (14,6)	40326 (11,2)
2. Поступило зерна с поля, ц	1200	1200
3. Получено семенного зерна, ц	797	816
4. Количество выделенного фуражного зерна до сушки, ц	0	336
5. Количество выделенного фуражного зерна после сушки, ц	403	48
6. Получено фуражного зерна всего, ц	403	384
7. Процент загрузки оборудования, %		
- машины предварительной очистки	26,8	33,7
- сушилки	99,9	99,9
- машины первичной очистки	55,0	42,4
- машины вторичной очистки	49,0	42,4
- триерные блоки	36,8	50,0
8. Время обработки 1 ц зерна, с		
- машины предварительной очистки	11,75	11,34
- сушилки	43,78	33,60
- машины первичной очистки	24,12	19,80
- машины вторичной очистки	23,77	19,81
- триерные блоки	22,81	23,38
9. Вместимость бункеров для зерна, ц		
- приемный бункер	28	17
- бункер под сырое семенное зерно	805 (общее)	440 (семенное)
- бункер под сырое фуражное зерно	-	336

**Выводы.** Фракционная обработка зернового вороха, по сравнению с обработкой его по традиционной технологии, позволит:

1. Обеспечить гарантированную надежность получения высококачественных семян за один проход через линию окончательной очистки благодаря уменьшению нагрузки на машины первичной и вторичной очистки.

2. Эффективно использовать зерносушилки в хозяйствах. При той же паспортной производительности и сезонной загрузке зерносушилок увеличить выработку ЗОСП (по зерновому вороху) за счет рациональной технологии и режимов обработки целевых фракций, выделенных из вороха.

3. Сократить расход топлива за счет разных режимов сушки семенной и фуражной фракций.

4. Сократить расход электроэнергии за счет исключения обработки выделенной фуражной фракции на машинах первичной и вторичной очистки.

#### Литература

1. **Грушин Ю.Н., Вершинин В.Н., Пустынный Д.А.** Механизация послеуборочной обработки зерна и семян: учебное пособие; Под ред. В.Н. Вершинина. – Вологда-Молочное: ИЦ ВГМХА, 2014. – 258 с.
2. **Кузнецов Н.Н., Вершинин В.Н.** Модель функционирования технологического процесса послеуборочной обработки семенного зерна // Молочнохозяйственный вестник. – 2018. – №1(29). – С. 126-133.
3. **Шушков Р.А., Кузнецов Н.Н., Вершинин В.Н.** Имитационное моделирование досушивания рулонов льнотресты // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – № 4. – С. 29-30.
4. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014611542.** Имитационная модель технологической линии пункта досушивания рулонов льнотресты / Шушков Р.А., Кузнецов Н.Н., Вершинин В.Н.; № 2013661489, заявлено 10.12.2013; бюл. № 2 (88) 2014, 20.02.2014.
5. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014660010.** Имитационная модель досушивания рулонов льнотресты / Шушков Р.А., Кузнецов Н.Н., Вершинин В.Н.; № 2014617810, заявлено 04.08.2014; бюл. № 10 (96) 2014, 20.10.2014.
6. **Титов М.С.** Теоретическое исследование эффективности разделения до сушки целевых фракций семенного и продовольственного зерна // Совершенствование технологии и организации уборки и послеуборочной обработки зерна. – Новосибирск: ВАСХНИЛ, 1983. – С. 108.
7. **Гордеев А.С.** Моделирование в агроинженерии: учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 384 с.
8. **Parti M.** Selection of mathematical models for drying grain in thin-layers // J.agr.engg Res, 1993. Vol.54. N 4. P. 339.352.
9. **Mathematical model for drying of absorptive porous materials.** Inokoma Mironobu, Okazaki Mono, Toli rijozo. «Aeto poljtectn., schrd.chem. Technol. and Met/ser/», 1985, №160, 32 p.
10. **Jayas D.S. Alagusundaran K.; Shunmugam G.; Muir W.E.; White N.D.G.** Simulated temperatures of stored grain bulks Canad.agr.Engg, 1994; Vol.36, N 4, – P. 239-245.

#### Literatura

1. **Grushin YU.N., Vershinin V.N., Pustynnyj D.A.** Mekhanizaciya posleuborochnoj obrabotki zerna i semyan: uchebnoe posobie; Pod red. V.N. Vershinina. – Vologda-Molochnoe: IC VGMHA, 2014. – 258 s.
2. **Kuznecov N.N., Vershinin V.N.** Model' funkcionirovaniya tekhnologicheskogo processa posleuborochnoj obrabotki semennogo zerna // Molochnohozyajstvennyj vestnik. – 2018. – №1(29). – S. 126-133.
3. **SHushkov R.A., Kuznecov N.N., Vershinin V.N.** Imitacionnoe modelirovanie dosushivaniya rulonov l'notresty // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. – 2014. – № 4. – S. 29-30.
4. **Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM №2014611542.** Imitacionnaya model' tekhnologicheskoy linii punkta dosushivaniya rulonov l'notresty / SHushkov R.A., Kuznecov N.N., Vershinin V.N.; № 2013661489, zayavleno 10.12.2013; byul. № 2 (88) 2014, 20.02.2014.
5. **Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM №2014660010.** Imitacionnaya model' dosushivaniya rulonov l'notresty / SHushkov R.A., Kuznecov N.N., Vershinin V.N.; № 2014617810, zayavleno 04.08.2014; byul. № 10 (96) 2014, 20.10.2014.
6. **Titov M.S.** Teoreticheskoe issledovanie effektivnosti razdeleniya do sushki celevykh frakcij semennogo i prodovol'stvennogo zerna // Sovershenstvovanie tekhnologii i organizacii uborki i posleuborochnoj obrabotki zerna. – Novosibirsk: VASKHNIL, 1983. – S. 108.



7. **Gordeev A.S.** Modelirovanie v agroinzhenerii: uchebnik. – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2014. – 384 s.
8. **Parti M.** Selection of mathematical models for drying grain in thin-layers // J.agr.engg Res, 1993. Vol.54. N 4. P. 339.352.
9. **Mathematical model for drying of absorptive porous materials.** Inokoma Mironobu, Okazaki Mono, Toli rijozo. «Aeto poljtechn., schrd.chem. Technol. and Met/ser/», 1985, №160, 32 p.
10. **Jayas D.S. Alagusundaran K.; Shunmugam G.; Muir W.E.; White N.D.G.** Simulated temperatures of stored grain bulks Canad.agr.Engg, 1994; Vol.36, N 4, – P. 239-245.

УДК 631.171

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14240

Канд. техн. наук **А.И. СУХОПАРОВ**

(ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, sukhoparov\_ai@mail.ru)

Аспирант **И.И. ИВАНОВ**

(ФГБОУ ВО ВГМХА им. Н.В. Верещагина, kadyichina@mail.ru)

Канд. физ-мат. наук, доцент **Ю.А. ПЛОТНИКОВА**

(ФГБОУ ВО ВГМХА имени Н.В. Верещагина, jplotnikova@yandex.ru)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ В РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНО-РОТОРНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ**

В сфере механизации сельского хозяйства все больший интерес в последнее время вызывают центробежные измельчители с горизонтальным ротором, принцип действия которых лежит в разгоне зерновки за счет центробежных сил инерции с последующим ее измельчением ударом или резаньем [1, 2]. Связано это с более низкими энергетическими затратами на процесс измельчения в сравнении с другими измельчителями (дробилками), которые, кроме непосредственных затрат на разрушение зерновки, имеют энергозатраты на перемещение посредством воздуха цельного и измельченного зерна. В центробежно-роторных измельчителях подача материала к молоткам с деками или режущей паре может осуществляться за счет центробежных сил инерции, создаваемых горизонтально вращающимся ротором с рабочими органами [3, 4]. И в этом одной из ключевых ролей центробежно-роторного измельчителя материала является распределяющая чаша или ускоритель, в функции которой входит обеспечение равномерной, стабильной подачи материала к измельчающим органам и придание материалу (частицам), находящемуся на ее поверхности, необходимой линейной скорости и траектории движения.

Большинство конструкций центробежно-роторных измельчителей в своей конструкции имеют центральную подачу материала в ускоритель, выполненный в виде ровного диска (рис. 1) [5]. Однако при такой подаче материала разгон частицы, находящейся наиболее близко к оси вращения, будет затруднен ввиду отсутствия начальной скорости и недостаточности центробежных сил для преодоления сил трения, что спровоцирует появление застойной зоны и рост затрат на их преодоление. Для решения этой проблемы возможны два подхода: подача материала со смещением от оси вращения, приводящего к усложнению конструкции, или использование отражательной поверхности рассекателя, представляющего из себя прямую коническую поверхность, расположенную соосно с осью вращения, обеспечивая отдаление измельчаемых частиц от оси вращения и придания им начальной скорости [6]. В центробежно-ударных измельчителях, использующих принцип удара «камень о камень» с самофутеровкой, не менее важное значение имеет траектория движения измельчаемых частиц (рис. 2).

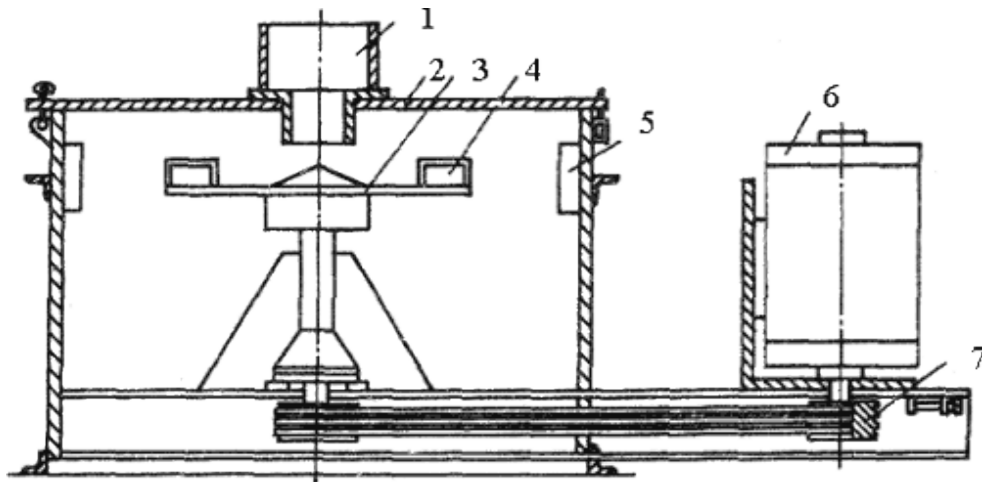


Рис. 1. Дробилка Торнадо:

1 – питающий патрубок; 2 – крышка корпуса; 3 – ускоритель; 4 – разгонные ребра;  
5 – брони; 6 – электродвигатель; 7 – клиноременная передача

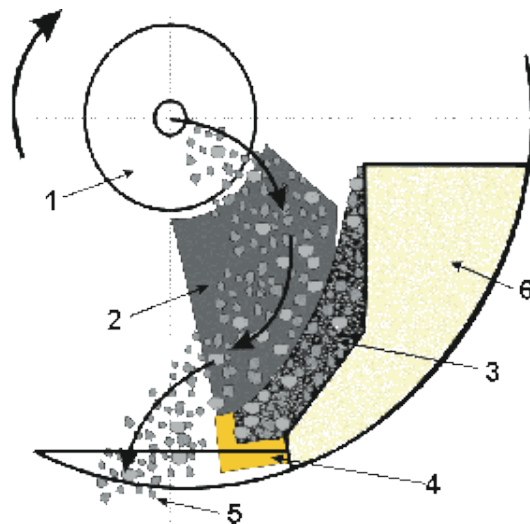


Рис. 2. Схема образования самофутеровки в ускорителе:

1 – рассекаватель; 2 – подкладной лист; 3 – самофутерирующий карман;  
4 – твёрдосплавная лопатка; 5 – сход материала с ускорителя; 6 – корпус ускорителя

**Цель исследования** – моделирование частиц по вращающейся поверхности.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Одним из методов достижения этой цели является форма ускорителя, позволяющая задавать начальные кинематические параметры и траекторию движения частиц, что, в свою очередь, отразится на геометрических размерах, металлоемкости и технологических режимах работы центробежно-роторного измельчителя или его узлах, например, скорость вращения ротора и подача материала, что, в свою очередь, уменьшает удельные энергозатраты на единицу произведенной продукции.

Для решения поставленной задачи проведем моделирование движения частицы материала по вращающейся криволинейной поверхности. Для этого воспользуемся основным законом динамики материальной точки и рассмотрим движение частицы по поверхности вращающейся чаши осесимметричной формы.

Для получения результата воспользуемся пошаговым численным интегрированием, позволяющим получать данные для анализа движения частицы по поверхности осесимметричной поверхности с желаемой точностью.

**Результаты исследований.** Криволинейная поверхность вращается вокруг вертикальной оси  $z$  (рис. 3). Уравнение поверхности опишем в цилиндрических координатах уравнением вида [7]:

$$\eta(\rho, \varphi, z) = 0, \quad (1)$$

где  $\rho$  – цилиндрический радиус;  $\varphi$  – полярный угол;  $z$  – аппликата.

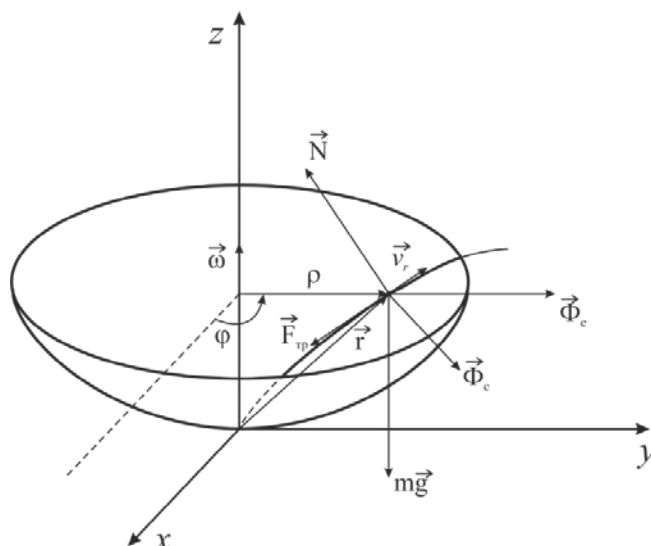


Рис. 3. Расчетная схема движения частицы по вращающейся криволинейной поверхности

Радиус-вектор материальной точки, движущейся по криволинейной поверхности во вращающихся вместе с ней координатных осях, является функцией этих трех координат, которые могут меняться со временем, не нарушая уравнения (1):

$$\vec{r} = \vec{r}(\rho, \varphi, z). \quad (2)$$

Дифференциальное уравнение относительного движения точки по вращающейся поверхности запишем в векторной форме [1]:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = m \vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{TR} + \vec{\Phi}_e + \vec{\Phi}_c, \quad (3)$$

где  $m$  – масса частицы,  $\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$  – ее ускорение,  $m \vec{g}$  – сила тяжести,  $\vec{N}$  – нормальная реакция поверхности чаши,  $\vec{F}_{TR}$  – сила трения со стороны поверхности, направленная противоположно относительной скорости движения частицы,  $\vec{\Phi}_e$  – переносная центробежная сила инерции,  $\vec{\Phi}_c$  – сила инерции Кориолиса.

Определим проекции сил и ускорений на направление цилиндрических осей координат. Сила тяжести противоположна оси  $z$ :

$$m \vec{g} = m \vec{g}(0, 0, -mg), \quad (4)$$

где  $\vec{g}$  – ускорение свободного падения. Нормальная реакция поверхности вращающейся криволинейной поверхности.

$$\vec{N} = \lambda \cdot \text{grad}(\eta), \quad (5)$$

Где  $\lambda = \lambda(t)$  – неопределенный множитель Лагранжа [8],  $\text{grad}(\eta)$  – вектор-градиент к уравнению поверхности (1), имеющий проекции на осцилиндрической системе координат, причем ось  $\varphi$  направлена перпендикулярно осям  $\rho, z$ , проходит через движущуюся точку, так что оси  $\rho, \varphi, z$  образуют правую тройку векторов.

$$\begin{cases} (\text{grad}(\eta))_{\rho} = \frac{\partial \eta}{\partial \rho}; \\ (\text{grad}(\eta))_{\varphi} = \frac{\partial \eta}{\partial \varphi} \cdot \frac{1}{\rho}; \\ (\text{grad}(\eta))_z = \frac{\partial \eta}{\partial z}. \end{cases} \quad (6)$$

Проекции нормальной реакции  $\vec{N}$  равны:

$$\begin{cases} N_{\rho} = \lambda \frac{\partial \eta}{\partial \rho}; \\ N_{\varphi} = \lambda \frac{\partial \eta}{\partial \varphi} \cdot \frac{1}{\rho}; \\ N_z = \lambda \frac{\partial \eta}{\partial z}. \end{cases} \quad (7)$$

Модуль нормальной реакции найдем так:

$$N = |\vec{N}| = |\lambda| \sqrt{\left(\frac{\partial \eta}{\partial \rho}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial \varphi} \frac{1}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial z}\right)^2}. \quad (8)$$

При постоянной угловой скорости вращения криволинейной поверхности  $\vec{\omega}$ , переносная центробежная сила инерции  $\vec{\Phi}_e$  направлена по радиусу  $\rho$  в соответствии с результатом векторных произведений в её определении:

$$\vec{\Phi}_e = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}), \quad (9)$$

где  $\vec{r}$  определяется по выражению (2), тогда:

$$\begin{cases} \Phi_{e\rho} = m\omega^2\rho; \\ \Phi_{e\varphi} = 0; \\ \Phi_{ez} = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Сила инерции Кориолиса  $\vec{\Phi}_c$  по определению равна [8]:

$$\vec{\Phi}_c = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}, \quad (11)$$

где  $\vec{v}$  – относительная скорость материальной точки в подвижных осях координат, модуль относительной скорости связан с цилиндрическими координатами по выражению:

$$v = \sqrt{\dot{\rho}^2 + (\rho\dot{\varphi})^2 + \dot{z}^2}. \quad (12)$$

Тогда проекции кориолисовой силы равны:

$$\begin{cases} \Phi_{c\rho} = 2m\omega\dot{\varphi}\rho; \\ \Phi_{c\varphi} = -2m\dot{\rho}\omega; \\ \Phi_{cz} = 0. \end{cases} \quad (13)$$

Сила трения частицы о поверхность чаши  $\vec{F}_{TR}$  определяется по закону Кулона [9] через нормальную реакцию и противоположна по направлению относительной скорости.

$$\vec{F}_{TR} = -|\vec{N}|f \frac{\vec{v}}{v}. \quad (14)$$

$$\begin{cases} F_{TR\rho} = -|\vec{N}|f \frac{\dot{\rho}}{v}; \\ F_{TR\varphi} = -|\vec{N}|f \frac{\dot{\varphi}\rho}{v}; \\ F_{TRz} = -|\vec{N}|f \frac{\dot{z}}{v}. \end{cases} \quad (15)$$

Спроецируем уравнение (3) на оси подвижной системы цилиндрических координат, вращающихся вместе с криволинейной поверхностью, используя найденные проекции всех сил:

$$\begin{cases} m(\ddot{\rho} - \rho\dot{\varphi}^2) = \lambda \frac{\partial \eta}{\partial \rho} - Nf \frac{\dot{\rho}}{v} + m\omega^2 \rho + 2m\omega\dot{\varphi}\rho; \\ m \frac{1}{\rho} \frac{d}{dt} (\rho^2 \dot{\varphi}) = -Nf \frac{\dot{\varphi}\rho}{v} - 2m\dot{\rho}\omega; \\ m\ddot{z} = -mg + \lambda \frac{\partial \eta}{\partial z} - Nf \frac{\dot{z}}{v}. \end{cases} \quad (16)$$

Преобразуем второе уравнение системы с учетом проекции ускорения на ось  $\varphi$ :

$$\frac{1}{\rho} \frac{d}{dt} (\rho^2 \dot{\varphi}) = 2\dot{\rho}\dot{\varphi} + \rho\ddot{\varphi}. \quad (17)$$

Полагая приведение всех сил к единичной массе частицы  $m = 1$ , получим:

$$\begin{cases} \ddot{\rho} = \rho\dot{\varphi}^2 + \lambda \frac{\partial \eta}{\partial \rho} - Nf \frac{\dot{\rho}}{v} + \omega^2 \rho + 2\omega\dot{\varphi}\rho; \\ \ddot{\varphi} = \frac{1}{\rho} \left( -2\dot{\rho}\dot{\varphi} - Nf \frac{\dot{\varphi}\rho}{v} - 2\dot{\rho}\omega \right); \\ \ddot{z} = -g + \lambda \frac{\partial \eta}{\partial z} - Nf \frac{\dot{z}}{v}. \end{cases} \quad (18)$$

Для получения замкнутой системы уравнений дополним систему (18) уравнением связи (1). Тогда четыре неизвестные функции  $\rho(t)$ ,  $\varphi(t)$ ,  $z(t)$ ,  $\lambda(t)$  можно найти решением системы трех дифференциальных (18) и одного алгебраического (1) уравнений.

Возможны различные формы исполнения поверхности вращения в уравнении (1). Зададим уравнение связи в виде осесимметричной поверхности, описываемой степенной функцией, проходящей через заданные начальную и конечную точки движения и имеющей вид:

$$\frac{z}{z_k} = a_0 + \left( \frac{\rho}{\rho_k} \right)^n, \quad (19)$$

где  $a_0$  – слагаемое, определяемое из условия принадлежности к данной поверхности вращения начальной точки траектории с координатами:

$$\rho(0) = \rho_0, \varphi(0) = 0, \dot{\varphi}(0) = 0, \quad (20)$$

$\rho_k$ ,  $z_k$  – координаты конечной точки траектории, где заканчивается поверхность, описываемая уравнением (19) для всех значений полярного угла  $\varphi$ ;  $n$  – показатель степени в уравнении поверхности, который изменяет степень вогнутости чаши и который можно варьировать для достижения требуемых параметров движения частицы.

Таким образом, начало координат подвижной системы отсчета, в которой описывается движение частицы, всегда соответствует по оси  $z$  начальной точке траектории движения, и вершина параболы в осевом сечении поверхности вращения лежит на этой оси ниже нуля на величину  $a_0$ :

$$\alpha_0 = -\left(\frac{\rho_0}{\rho_K}\right)^n. \quad (21)$$

Приведем уравнение (19) к виду (1):

$$\eta(\rho, \varphi, z) = \frac{z}{z_K} - \alpha_0 - \left(\frac{\rho}{\rho_K}\right)^n = 0, \quad (22)$$

и вычислим частные производные в выражении градиента к поверхности связи:

$$\begin{cases} \frac{\partial \eta}{\partial \rho} = -n \left(\frac{\rho}{\rho_K}\right)^{n-1} \frac{1}{\rho_K}; \\ \frac{\partial \eta}{\partial \varphi} = 0; \\ \frac{\partial \eta}{\partial z} = \frac{1}{z_K}. \end{cases} \quad (23)$$

Эти выражения (23) необходимо подставлять в проекции силы  $\vec{N}$  – нормальной реакции к поверхности связи в уравнениях (18).

Из последнего уравнения системы (18) определим множитель Лагранжа:

$$\lambda = \frac{1}{\left(\frac{\partial \eta}{\partial z}\right)} \left(\ddot{z} + g + Nf \frac{\dot{z}}{v}\right). \quad (24)$$

Поскольку при движении по поверхности независимыми являются только две цилиндрические координаты, то при численном пошаговом интегрировании за основу возьмем первые два дифференциальных уравнения (18), а координату  $z$  и ее производные по времени вычислим через уравнение связи (22):

$$z = z_K \alpha_0 + z_K \left(\frac{\rho}{\rho_K}\right)^n; \quad (25)$$

$$\dot{z} = n z_K \frac{1}{\rho_K} \left(\frac{\rho}{\rho_K}\right)^{n-1} \dot{\rho}; \quad (26)$$

$$\ddot{z} = n z_K \frac{1}{\rho_K} (n-1) \left(\frac{\rho}{\rho_K}\right)^{n-2} \frac{\dot{\rho}^2}{\rho_K} + n z_K \frac{1}{\rho_K} \left(\frac{\rho}{\rho_K}\right)^{n-1} \ddot{\rho}. \quad (27)$$

В выражениях (24), (25), (26), (27) значения координат  $\rho$  и  $\varphi$ , а также их производных по времени  $\rho, \varphi$  на очередном шаге интегрирования приняты равными их значению в конце предыдущего шага интегрирования. Процедура численного интегрирования системы уравнений (18) проводилась методом усредненного ускорения [10] по оригинальной алгоритмической программе для Windows, составленной на языке C# в среде MS Visual Studio [11].

Результаты для анализа кинематических параметров движения и траектории частицы, которая начинает движение без начальной линейной скорости  $v_0$  и угловой скорости  $\omega_0$ , равной по модулю угловой скорости вращения  $\omega_s$  при различных криволинейных поверхностях ускорителя, представлены на рис. 4.

Так, анализ полученных результатов показывает, что использование вогнутой криволинейной поверхности ( $n_a=2$ ) позволило в 2 раза увеличить по сравнению с плоской поверхностью ( $n_a=0$ ) и в 1,7 раза по сравнению с конической поверхностью ( $n_a=-0,1$ ) значение приобретаемой скорости  $v_{abs}$  при сходе с вращающейся поверхности, что является следствием времени нахождения частицы на поверхности, например, при  $n_a=2$  время составляет  $t=2,05$  сек., при  $n_a=0$  время составляет  $t=0,84$  сек, а при  $n_a=-0,1$  время составляет  $t=0,38$  сек. При изменении формы вращающейся поверхности от вогнутой  $n_a=2$  к выпуклой  $n_a=-0,1$  уменьшается общая длина проходимого частицей пути, то есть ее траектория.

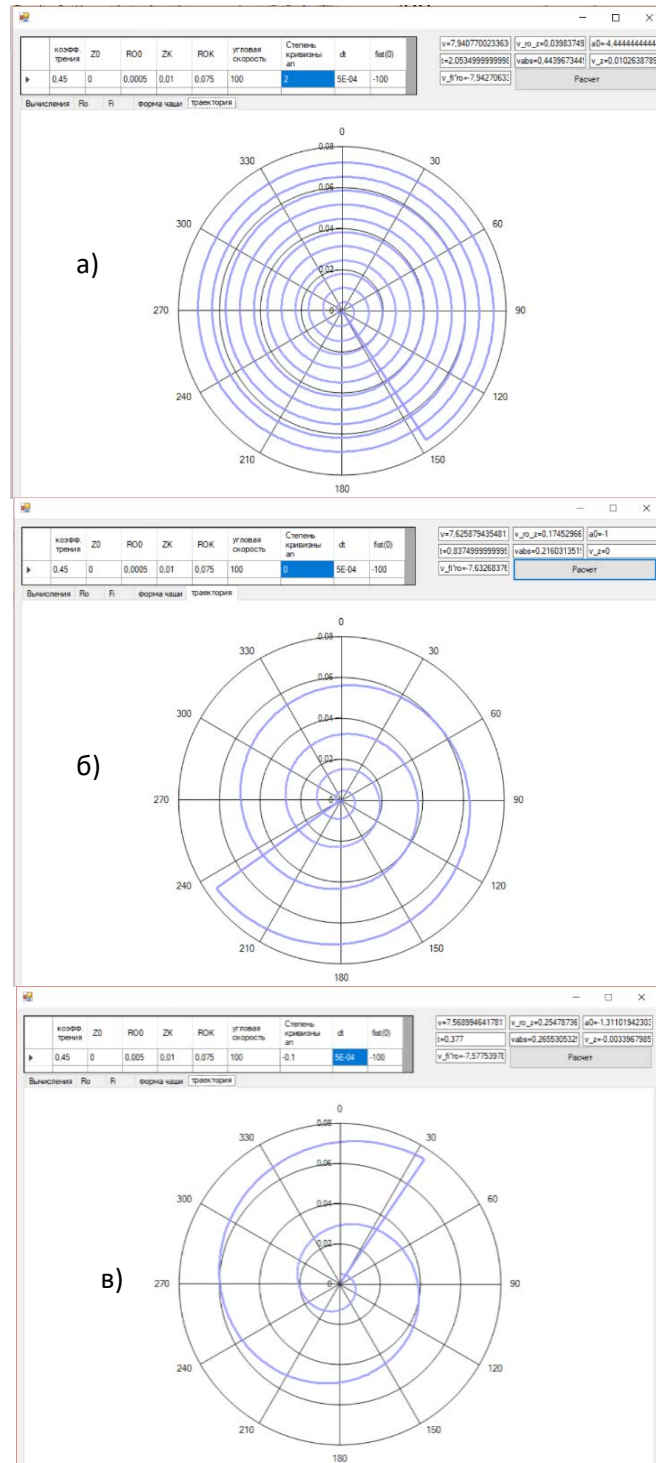


Рис. 4. Данные для анализа скорости движения и траектории частицы, которая вводится без начальной линейной скорости и угловой скорости, равной по модулю угловой скорости вращения при различных криволинейных поверхностях ускорителя: а)  $n_a=2$  (вогнутая); б)  $n_a=0$  (прямая); в)  $n_a=-0,1$  (коническая криволинейная)

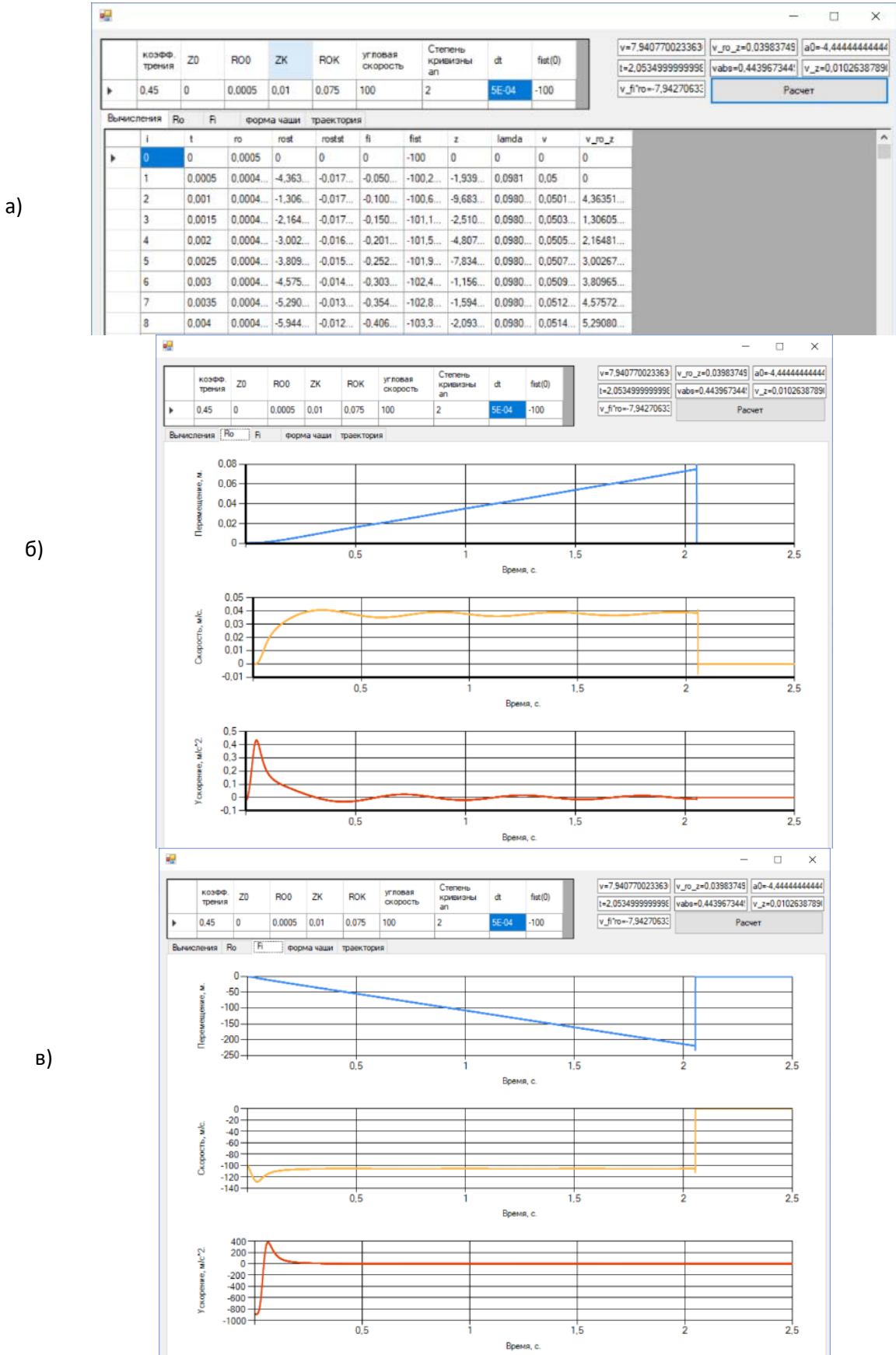


Рис. 5. Пример результатов расчетов траектории движения частицы и кинематических показателей при  $n_a=2$ : а) табличные данные; б) графики перемещения, скорости и ускорения частицы по оси  $z$ ; в) графики перемещения, скорости и ускорения частицы по оси  $x$



Расчеты проводились при различных варьируемых характеристиках поверхности и начальных показателях кинематических параметров, а также коэффициента трения. Так, на рис. 5 представлен пример табличных данных с результатами расчетов и графиками изменения траектории движения, скорости и ускорения частицы по цилиндрическим осям  $\rho$  и  $z$ . Анализ графиков, представленных на рис. 5,б и 5,в, позволяет отметить, что своей максимальной скорости частица достигла через 0,313 сек., находясь на расстоянии  $\rho = 0,0092$  м от оси вращения. При этом последующие изменения скорости, вплоть до ее схода с вогнутой поверхности, имели затухающий гармонический характер.

Таким образом, большой интерес для дальнейшего исследования имеют криволинейные поверхности, имеющие вогнутый характер и совмещающие в себе коническую и вогнутую поверхности. Траектории частиц и их кинематические показатели можно использовать для определения связи конструктивных и технологических параметров центробежных измельчителей, таких как: время нахождения частицы на распределяющей чаше, скорость схода частицы с чаши, форма разгоняющих лопастей.

**Выводы.** Получена замкнутая система уравнений с уравнением связи, позволяющим смоделировать движение частицы по вращающейся поверхности, при численном интегрировании которых имеется возможность оценки применения той или иной поверхности ускорителя центробежно-роторного измельчителя для достижения желаемого результата по уменьшению габаритов, повышению производительности или улучшению качества измельчения. Использование методов численного интегрирования позволяет учесть влияние физических, геометрических, технологических и кинематических параметров на выходной результат, например, такие как время движения, скорости движения в цилиндрических координатах. Таким образом, использование моделирования движения частицы по ускорителю позволяет подобрать рациональные геометрические размеры измельчителя и оптимальные технологические режимы его работы.

### Литература

1. Дружинин Р.А. Совершенствование рабочего процесса ударно-центробежного измельчителя: дис... канд. техн. наук. – Воронеж, 2014. – 169 с.
2. Сергеев Н.С. Центробежно-роторные измельчители зерна: дис... доктора техн. наук. – Челябинск, 2008. – 315 с.
3. Палицын А.В., Иванов И.И. Разработка и поисковые результаты исследований измельчителя роторно-центробежного типа фуражного зерна для крестьянских хозяйств // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы Междунар. научно-практ. конф. «Мосоловские чтения». – Йошкар-Ола, 2017. – Вып. 19. – С. 284-289.
4. Иванов И.И., Палицын А.В., Савиных П.А. Теоретические и практические аспекты исследования экспериментального измельчителя фуражного зерна роторно-центробежного типа // Агроэкологические и организационно-экономические аспекты создания и эффективного функционирования экологических стабильных территорий: материалы Всероссийской научно-практ. конф. – Чебоксары, 2017. – 653 с.
5. Савиных П.А., Палицын А.В., Иванов И.И. Исследование измельчителя фуражного зерна роторно-центробежного типа с различными рабочими органами // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – №2 (26). – С.119-129.
6. Пат. RUS 2656619 17.10.2016. Устройство для измельчения сыпучих материалов / П. А. Савиных, В. Е. Сайтов, В. А. Сухляев, И. И. Иванов, А. В. Палицын, Н. Н. Кузнецов.
7. Плотников М.Г., Плотникова Ю.А. Математика. – Часть 2. – Вологда-Молочное: Вологодская ГМХА, 2019. – 206 с.
8. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. – М: Высшая школа, 1990. – 607 с.
9. Балашов В.В., Долинов В.К. Курс квантовой механики. – М.: Ижевск: РХД, 2001. – 336 с.

10. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле / Пер. с англ. канд. физ.-мат. наук Л.Г. Корнейчука. – М: Машиностроение, 1985. – 472 с.
11. Рендольф Н., Гарднер Д., Минутилло М., Андерсон К. Visual Studio 2010 для профессионалов / Пер. с англ. – М.: Диалектика, 2011. – 1184 с.

### Literatura

1. **Druzhinin R.A.** Sovershenstvovanie rabocheho processa udarno-centrobezhnogo izmel'chitelya: dis... kand. tekhn. nauk. – Voronezh, 2014. – 169 s.
2. **Sergeev N.S.** Centrobezhno-rotornye izmel'chiteli zerna: dis... doktora tekhn. nauk. – CHelyabinsk, 2008. – 315 s.
3. **Palicyn A.V., Ivanov I.I.** Razrabotka i poiskovye rezul'taty issledovaniy izmel'chitelya rotorno-centrobezhnogo tipa furazhnogo zerna dlya krest'yanskih hozyajstv // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo hozyajstva: materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. «Mosolovskie chteniya». – Joshkar-Ola, 2017. – Vyp. 19. – S. 284-289.
4. **Ivanov I.I., Palicyn A.V., Savinyh P.A.** Teoreticheskie i prakticheskie aspekty issledovaniya eksperimental'nogo izmel'chitelya furazhnogo zerna rotorno-centrobezhnogo tipa // Agroekologicheskie i organizacionno-ekonomicheskie aspekty sozdaniya i effektivnogo funkcionirovaniya ekologicheskikh stabil'nyh territorij: materialy Vserossijskoj nauchno-prakt. konf. – CHEboksary, 2017. – 653 s.
5. **Savinyh P.A., Palicyn A.V., Ivanov I.I.** Issledovanie izmel'chitelya furazhnogo zerna rotorno-centrobezhnogo tipa s razlichnymi rabochimi organami // Molochnohozyajstvennyj vestnik. – 2017. – №2 (26). – S.119-129.
6. **Pat. RUS 2656619 17.10.2016.** Ustrojstvo dlya izmel'cheniya sypuchih materialov / P. A. Savinyh, V. E. Saitov, V. A. Suhlyayev, I. I. Ivanov, A. V. Palicyn, N. N. Kuznecov.
7. **Plotnikov M.G., Plotnikova YU.A.** Matematika. – CHast' 2. – Vologda-Molochnoe: Vologodskaya GMHA, 2019. – 206 s.
8. **Nikitin N.N.** Kurs teoreticheskoy mekhaniki. – M: Vysshaya shkola, 1990. – 607 s.
9. **Balashov V.V., Dolinov V.K.** Kurs kvantovoy mekhaniki. – M.: Izhevsk: RHD, 2001. – 336 s.
10. **Timoshenko S.P., Yang D.H., Uiver U.** Kolebaniya v inzhenernom delem / Per. s angl. kand. fiz.-mat. nauk L.G. Kornejchuka. – M: Mashinostroenie, 1985. – 472 s.
11. **Rendol'f N., Gardner D., Minutillo M., Anderson K.** Visual Studio 2010 dlya professionalov / Per. s angl. – M.: Dialektika, 2011. – 1184 s.

УДК 633.11"321":631.531.027.34

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14249

Канд. с.-х. наук **В.В. КРАСИЛЬНИКОВ**  
 (ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА» 79511959887@yandex.ru)  
 Канд. пед. наук **О.Г. ДОЛГОВЫХ**  
 (ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА», perechvat@mail.ru)  
 Канд. техн. наук **А.Б. СПИРИДОНОВ**  
 (ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА», anbs88@bk.ru)

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЛАЗЕРОМ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Одним из способов выявления потенциально возможной урожайности и качества продукции культуры является подготовка посевного материала, которая состоит не только в сортировке и калибровке семян, но и в ряде других приёмов, таких как тепловой обогрев, протравливание, инкрустация, обработка различными излучениями и т.д [1-6]. В последние годы все активнее изучаются факторы физического воздействия на семена разных культур с

целью ускорения их прорастания и повышения полевой всхожести [7-10]. Одним из главных критериев оценки продуктивности того или иного сорта является урожайность сельскохозяйственных культур. На базе Ижевской государственной сельскохозяйственной академии проводятся исследования по воздействию лазерного излучения красного оптического диапазона на динамику развития и урожайность сельскохозяйственных культур.

**Цель исследования** – проведение лабораторных исследований по воздействию лазерного излучения красного оптического диапазона на урожайность яровой пшеницы Иргина.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Для проведения исследований было использовано специально разработанное экспериментальное устройство лазерной обработки семян яровой пшеницы (внешний вид установки – рис. 1), электрическая схема которого изображена на рис. 2.

Светодиодный лазер с красным цветом излучения с длиной волны  $\lambda = 650$  нм, с максимальной мощностью излучения 3 мВт и напряжением от 2,5 до 4 В м, используется в качестве источника.

Разработана схема питания лазерного модуля HLDPM10-650-3, позволяющая плавно регулировать мощность излучения обрабатываемых семян.

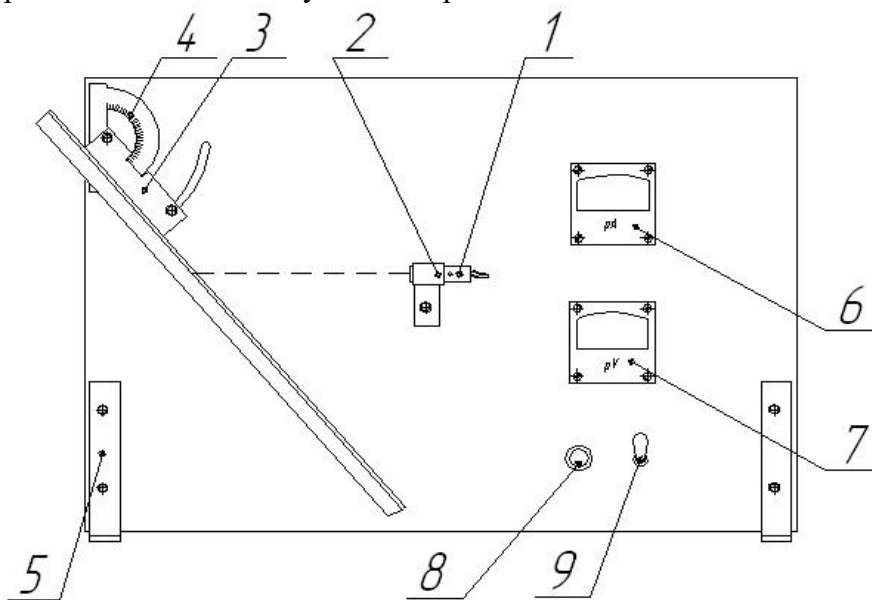


Рис. 1. Схема лазерной установки для облучения семян:  
1-лазер; 2-крепление лазера; 3-лоток; 4-градуировка; 5- опоры установки; 6-амперметр;  
7-вольтметр; 8-регулятор напряжения, 9 – выключатель питания установки

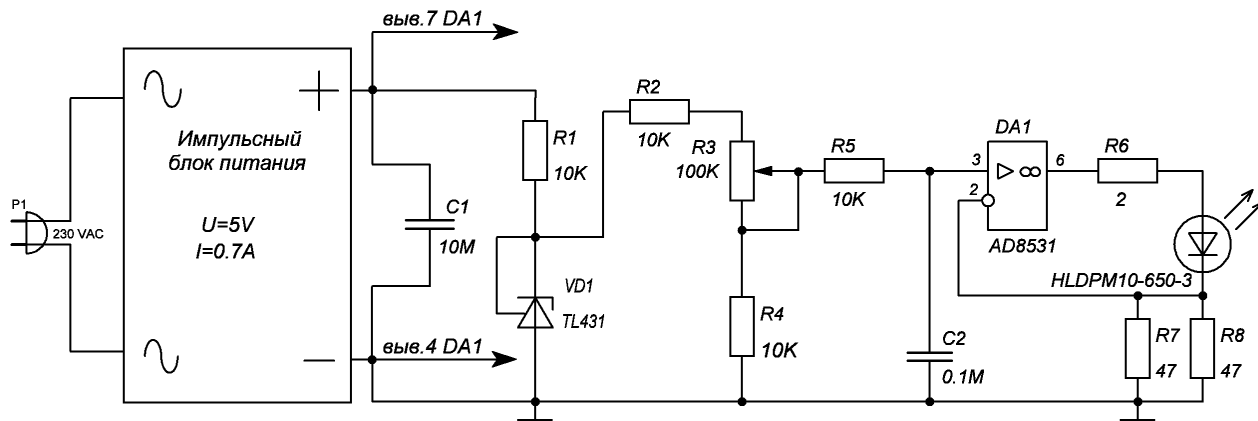


Рис. 2. Электрическая схема экспериментального устройства для лазерной обработки семян яровой пшеницы

Максимальный ток ограничен величиной в 55 мА, так как предельное значение тока излучателя HLDPМ10-650-3 – 60 мА. Операционный усилитель AD8531 выбран в качестве регулятора-стабилизатора тока.

Подключение лазерного излучателя происходит непосредственно к устройству, так как он позволяет обеспечивать ток в нагрузку до 250 мА. Изменение напряжения падения на R7, R8, которое ведет к изменению напряжения на выходе 6 операционного усилителя, вызванное изменением тока излучения при неизменном выходном напряжении (вывод 3 ОУ), будет происходить до тех пор, пока не уравнивается входное напряжение. Ток излучения задается с помощью резисторов R7, R8. Регулировка тока стабилизации излучателя происходит за счет изменения напряжения на выводе 3 ОУ. Поэтому важно, чтобы входное напряжение было стабильным. Интегральный параметрический стабилизатор TL431, с напряжением стабилизации 2,5 В, выполняет роль стабилизатора напряжения на выводе 3 ОУ. Стабилизированное напряжение поступает на делитель напряжения, состоящий из резисторов R2, R3 и R4, пределы регулирования задаются резисторами R2 и R4. Для исключения временных потерь контакта движка при регулировке используется потенциометр R3, включенный по схеме реостата. При регулировке, в результате неравномерного контакта движка регулятора, могут возникнуть помехи; для сглаживания таких помех используется фильтр, состоящий из резистора R5 и конденсатора C2.

**Результаты исследований.** В табл. 1 представлены результаты исследований урожайности яровой пшеницы Иргина, прошедших предпосевную лазерную обработку.

Обработка семян перед посевом лазером привела к повышению урожайности в зависимости от дозы облучения на 7-23%, однако полученные прибавки урожайности были в пределах ошибки опыта ( $F_f < F_T$ ), поэтому полученные различия не существенны. По нашему предположению, это связано с невысокой урожайностью яровой пшеницы, полученной в связи с неблагоприятными условиями вегетации.

Таблица 1. Влияние возрастающих доз облучения на биологическую урожайность яровой пшеницы

Доза облучения семян лазером, мДж/см <sup>2</sup>	Урожайность, г/м <sup>2</sup>								
	2018 г.	отклонение		2019 г.	отклонение		среднее	отклонение	
		г/м <sup>2</sup>	%		г/м <sup>2</sup>	%		г/м <sup>2</sup>	%
1) 0,00 (Без обработки (к))	150	-	-	304	-	-	244	-	-
0,04	171	15	10	322	18	6	257	17	7
0,22	173	17	11	352	48	16	276	36	15
0,54	174	19	12	388	84	28	292	52	22
0,82	192	36	23	381	77	25	294	55	23
1,10	151	-4	-3	378	74	24	262	23	10
1,38	168	12	8	319	15	5	244	5	2
НСР <sub>05</sub>	-	$F_f < F_T$	-	-	62	21	-	32	13

Анализ урожайности за 2019 г. в результате статистической обработки полученных данных показал, что применение лазера для облучения семян перед посевом (варианты 4, 5 и 6) способствует существенному повышению урожайности относительно контроля на 74-84 г/м<sup>2</sup>, или на 10-22%. При этом как низкие дозы облучения (варианты 2 – 0,04 мДж/см<sup>2</sup> и 3 – 0,22 мДж/см<sup>2</sup>), так и относительно высокие дозы (вариант 7 – 1,38 мДж/см<sup>2</sup>) не дали достоверной прибавки биологической урожайности. Существенно высокая биологическая урожайность относительно контроля и вариантов 1 и 7 была получена в вариантах 4 и 5 с дозами облучения 0,54 мДж/см<sup>2</sup> и 0,82 мДж/см<sup>2</sup> соответственно.

На рис. 3 наглядно представлены результаты изменения биологической урожайности в динамике, в среднем за два года, в зависимости от увеличивающейся дозы облучения семян лазером. В результате проведенных исследований по предпосевной обработке, со средними дозами облучения, выявлены лучшие варианты (3, 4 и 5) биологической урожайности – 15, 22 и 23%. Контрольный образец в среднем составил 244 г/м<sup>2</sup>, что существенно ниже средней урожайности с удельной мощностью излучения 0,22 мДж/см<sup>2</sup>, 0,54 мДж/см<sup>2</sup> и 0,82 мДж/см<sup>2</sup>.

Таким образом, предпосевная обработка семян яровой пшеницы лазером в определённом диапазоне мощности оказывает существенное влияние на прибавку урожайности.

Урожайность зерновых культур складывается из основных элементов её структуры: густоты продуктивного стеблестоя на единицу площади и продуктивности соцветия. Формирование густоты продуктивного стеблестоя зависит от полевой всхожести и густоты всходов, густоты продуктивных растений и коэффициента продуктивной кустистости, выживаемости растений с момента посева (общей выживаемости) и с фазы всходов (сохранности) до уборки.

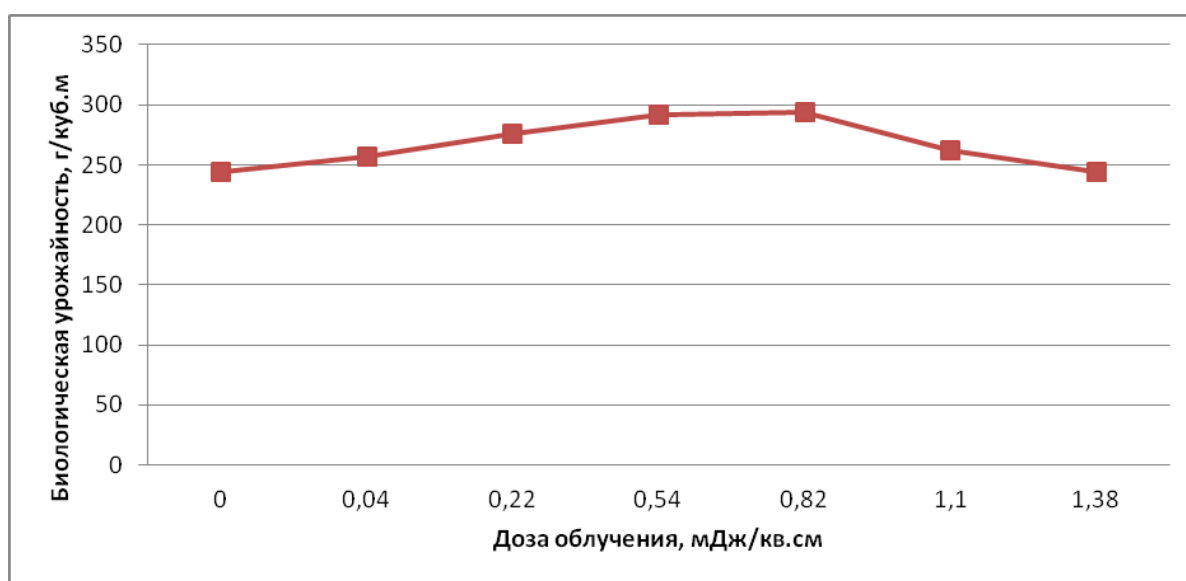


Рис. 3. Динамика изменения биологической урожайности яровой пшеницы при увеличении дозы облучения семян лазером

Таблица 2. Структура урожайности яровой пшеницы Иргина в зависимости от дозы облучения семян лазером (в среднем за 2018-2019 гг.)

Доза облучения семян лазером, мДж/см <sup>2</sup>	Всхожесть полевая, %	Густота, шт./м <sup>2</sup>		Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зёрен, г	Количество зёрен в колосе, шт.
		растений	стеблей			
1) 0,00 (Без обработки (к))	62	369	419	0,57	31,46	18,0
0,04	63	372	422	0,61	31,68	19,4
0,22	60	388	439	0,64	31,04	20,5
0,54	60	384	466	0,63	31,63	20,1
0,82	68	406	482	0,62	31,79	19,4
1,10	62	403	440	0,60	30,75	19,7
1,38	63	363	431	0,57	31,64	18,1
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	31	0,05	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	1,5

Статистический анализ усреднённых данных структуры урожайности за два года убедительно показал, что предпосевная лазерная обработка семян существенно влияет на количественную характеристику её элементов. Так, предпосевная лазерная обработка семян

достоверно повлияла на изменение густоты продуктивных стеблей перед уборкой, массы зерна с колоса и количества зёрен в колосе ( $F_f > F_t$ ; табл. 2).

Существенное увеличение густоты продуктивных стеблей получено в вариантах 4 и 5 относительно контроля, где этот показатель составил 419 шт./м<sup>2</sup> (рис. 4).

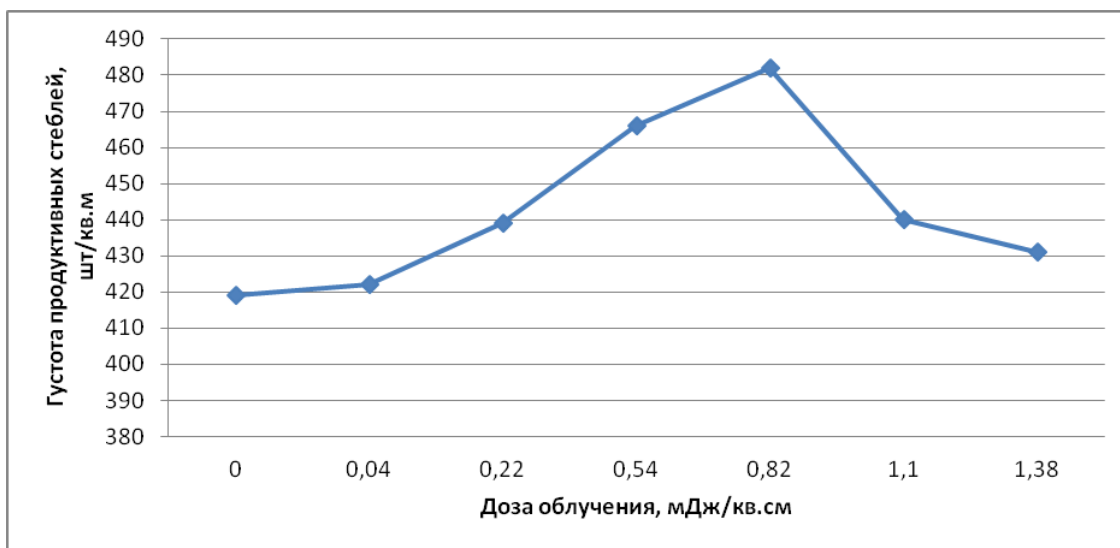


Рис.4. Динамика изменения густоты стояния продуктивных стеблей яровой пшеницы при увеличении дозы облучения семян лазером

Обработка семян яровой пшеницы Иргина лазерным излучением вызвала повышение продуктивности колоса. На рис. 5 представлена динамика изменения продуктивности колоса в зависимости от дозы облучения. В контрольном образце масса зерна составила 0,57 г, при лазерной обработке с удельной мощностью 0,22 мДж/см<sup>2</sup> масса зерна с колоса составила 0,64 г, при 0,54 мДж/см<sup>2</sup> – 0,63 г, при 0,82 мДж/см<sup>2</sup> – 0,62 г, или больше контроля на 0,05-0,07 г.

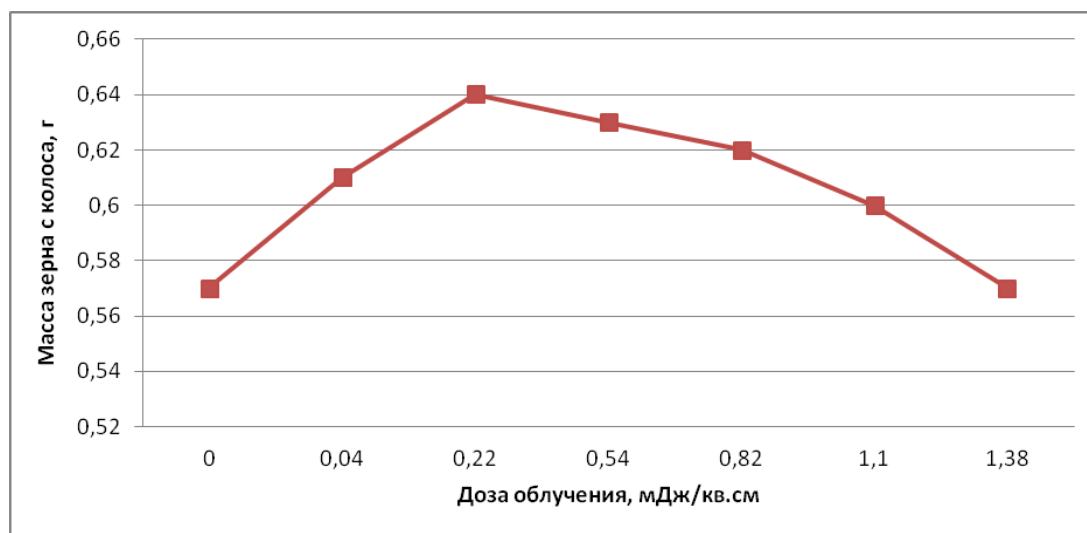


Рис.5. Динамика изменения массы зерна с колоса яровой пшеницы при увеличении дозы облучения семян лазером

Результат повышения продуктивности колоса вызван увеличением количества зерен в колосе. В контрольном образце количество зёрен в колосе яровой пшеницы составило 18,0 шт., при 0,22 мДж/см<sup>2</sup> – 20,5 шт., при 0,54 мДж/см<sup>2</sup> – 20,1 шт., что существенно выше, соответственно, на 2,5 и 2,1 шт. (рис. 6).

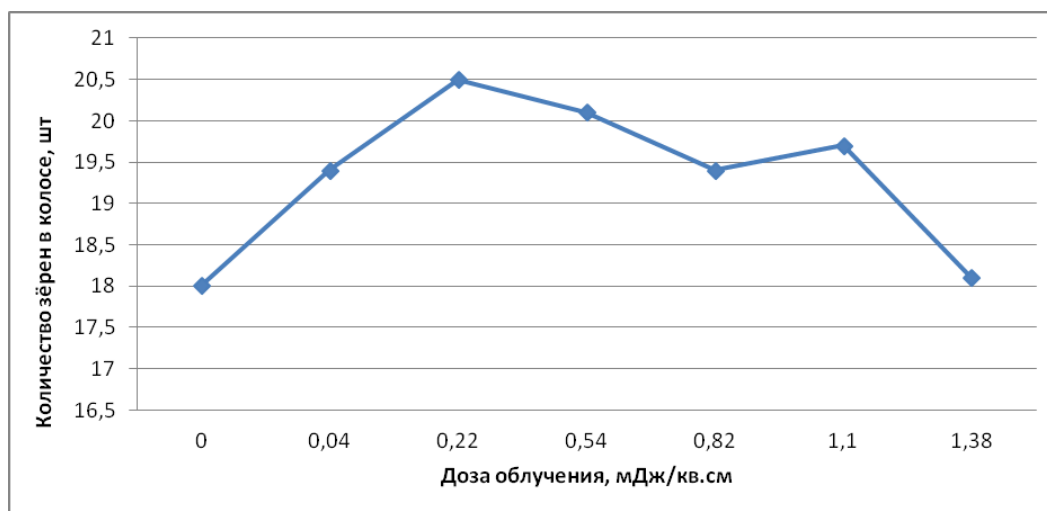


Рис.6. Динамика изменения количества зёрен в колосе яровой пшеницы при увеличении дозы облучения семян лазером

**Выводы.** В результате проведения многолетних исследований и анализа полученных данных можно сделать вывод, что применение лазерного излучения красного оптического диапазона для предпосевной обработки семян, при рациональных средних дозах облучения, оказывает благотворное воздействие и способствует существенному повышению густоты продуктивного стеблестоя и продуктивности колоса.

#### Литература

1. **Хасанов Э.Р.** Анализ процесса инкрустации семян в барабанном протравливателе-инкрустаторе // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1 (25). – С. 87-89.
2. **Спиридонов А.Б., Дородов П.В.** Кинетика процесса осаждения частиц биогумуса на поверхности семян льна-долгунца // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1 (29). – С. 75-78.
3. **Толорая Т.Р., Ласкин Р.В., Пацкан В.Ю.** Влияние систем предпосевной обработки почвы на урожайность кукурузы при разных способах основной обработки и применения гербицидов // Земледелие. – 2018. – № 1. – С. 23-26.
4. **Boteva H., and Yankova P.** Effect of fertilization, growing scheme and variety on economic productivity in biological tomato production.// Bulg. J. Agric. Sci. 2017. 23(5): 820-825.
5. **Velyamov S.M., Jingilbaev S.S., & Akterian S.G.** Ultrasound-assisted and agitated enzymatic extraction ofpectin from red beet (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*) roots. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2019. 25(1), 196-202.
6. **Герман Н.В.** Предпосевная обработка семян яровой пшеницы в условиях биогеохимической провинции Южного Урала // Современные проблемы АПК и перспективы его развития: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Дагестанский ГАУ. – 2017. – С. 23-27.
7. **Дородов П.В., Гусева Н.В., Киселев М.М.** Устройство для бесконтактного определения мощности СВЧ-излучения // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – №6. – С.32-33.
8. **Долговых О.Г., Красильников В.В., Газдинов Р.Р.** Влияние лазерной обработки семян на урожайность яровой пшеницы Ирень // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №4 (ч. 2).
9. **Коновалов К.П., Ниязов А.М., Лекомцев П.Л.** Энерго- и ресурсосберегающие мероприятия в сельском хозяйстве. Обзор технологий // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: материалы Всероссийской научно-практической конференции / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации / ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА». – Ижевск, 2017. – С. 208-212.

10. **Стерхова Т.Н., Ниязов А.М., Шибанов Н.Ю.** Отбор и стимуляция биологически ценных семян огурца в электростатическом поле // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 3-4 (20-21). – С. 62-64.

#### Literatura

1. **Hasanov E.R.** Analiz processa inkrustacii semyan v barabannom protravlivatele-inkrustatore // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 1 (25). – S. 87-89.
2. **Spiridonov A.B., Dorodov P.V.** Kinetika processa osazhdeniya chastic biogumusa na poverhnosti semyan l'na-dolgunca // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 1 (29). – S. 75-78.
3. **Toloraya T.R., Laskin R.V., Packan V.YU.** Vliyanie sistem predposevnoj obrabotki pochvy na urozhajnost' kukuruzy pri raznyh sposobah osnovnoj obrabotki i primeneniya gerbicidov // Zemledelie. – 2018. – № 1. – S. 23-26.
4. **Boteva H., and Yankova P.** Effect of fertilization, growing scheme and variety on economic productivity in biological tomato production.// Bulg. J. Agric. Sci. 2017. 23(5): 820-825.
5. **Velyamov S.M., Jingilbaev S.S., & Akterian S.G.** Ultrasound-assisted and agitated enzymatic extraction ofpectin from red beet (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*) roots. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2019. 25(1), 196-202.
6. **German N.V.** Predposevnaya obrabotka semyan yarovoj pshenicy v usloviyah biogeoimicheskoy provincii YUzhnogo Urala // Sovremennye problemy APK i perspektivy ego razvitiya: sbornik nauchnyh trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh / Dagestanskij GAU. – 2017. – S. 23-27.
7. **Dorodov P.V., Guseva N.V., Kiselev M.M.** Ustrojstvo dlya beskontaktnogo opredeleniya moshchnosti SVCH-izlucheniya // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2009. – №6. – S.32-33.
8. **Dolgovyh O.G., Krasil'nikov V.V., Gaztdinov R.R.** Vliyanie lazernoj obrabotki semyan na urozhajnost' yarovoj pshenicy Iren' // Inzhenernyj vestnik Dona. – 2012. – №4 (ch. 2).
9. **Konovalov K.P., Niyazov A.M., Lekomcev P.L.** Energo- i resursosberegayushchie meropriyatiya v sel'skom hozyajstve. Obzor tekhnologij // Innovacionnyj potencial sel'skohozyajstvennoj nauki XXI veka: vklad molodyh uchenyh-issledovatelej: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii / FGBOU VO «Izhevskaya GSKHA». – Izhevsk, 2017. – S. 208-212.
10. **Sterhova T.N., Niyazov A.M., SHibanov N.YU.** Otbor i stimulyaciya biologicheskimi cennymi semyami ogurca v elektrostatičeskom pole // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2009. – № 3-4 (20-21). – S. 62-64.



Соискатель **А.П. МИШАНОВ**  
(ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, amishanov@mail.ru)  
Доктор техн. наук **С.А. РАКУТЬКО**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, sergej1964@yandex.ru)  
Канд. с.-х. наук **А.Е. МАРКОВА**  
(ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, markova.anna@mail.ru)

## **ВЫРАЩИВАНИЕ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР В СВЕТОКУЛЬТУРЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

В последние годы наблюдается все большая тенденция развития тепличного сектора закрытых и полужакрытых теплиц. Преимущество закрытых теплиц состоит в более экономичном использовании воды, снижении химических средств защиты растений, более эффективном использовании света из-за оптимальной температуры и воздухообмена и т.д. В данном случае под закрытыми теплицами подразумеваются помещения, подобные складским помещениям, в которых искусственный свет используется как единственный источник света для роста растений. Стены и крыша термически изолированы от окружающей среды для снижения теплопотерь [1].

В современном овощеводстве защищенного грунта значительное место занимают новые технологии выращивания зеленных культур. Преимущественное значение имеют гидропонные малообъемные технологии с рециркуляцией питательного раствора. Они удешевляют продукцию, снижают ее загрязнение остаточными количествами пестицидов; повторное использование питательного раствора сокращает затраты на воду и удобрения.

Альтернативное выращивание зеленных проточной гидропоникой является так называемой технологией «floating ratis growing system», означающей выращивание на «плавающих столах». Пенопластиковые кровати с растениями плавают в огромной емкости, заполненной водой. Вода обеспечивает огромный буфер для питательных веществ и температуры питательного раствора [2]. Вода не выходит из системы, в нее добавляют только воду, поглощенную растениями. Преимущество такой системы имеет значение для окружающей среды (неиспользованный питательный раствор не попадает в грунтовые воды).

Вода является необходимым элементом жизнедеятельности растений и служит основой для приготовления питательных растворов. Применение технологии получения воды и водных сред с новыми технологическими свойствами с заранее заданным ОВП за счет электрохимической активации в процессе приготовления питательных растворов и чередованиями поливов с обычной водой позволяет повысить урожайность культур, сократить сроки выращивания и количество применяемых средств защиты растений [3,4,5,6]. В воде, прошедшей электрохимическую активацию, гарантированно происходит смещение ОВП на 240-340 мВ в сторону биологически благоприятных восстановительных значений, обеспечивающих в воде защитный противooksислительный фон [7]. Специфической особенностью электрохимически активированной воды является изменение ОВП, величина которого изменяется в зависимости от способов приготовления, смешивания, хранения и способа подачи к растениям [8, 9]. Кроме того, на величину ОВП влияет и степень разбавления электрохимически активированной воды [10]. При сохранении в воде необходимых растению ионов Са, Mg, К, Fe и насыщения воды кислородом она освобождается от вредных микроорганизмов, токсических органических соединений, ионов тяжелых металлов, переводя их в соединения, не наносящие вреда растению и окружающей среде.

Применение интеллектуальных алгоритмов управления светокulturой как многоуровневой системой, включающей энергетические, технологические и биологические

объекты, повысит энергоэкологичность светокультуры, что позволяет решить задачу внедрения в АПК энергоресурсосберегающих и природоохранных мер [11].

**Цель исследования** – выявить целесообразность использования ЭХА при выращивании растений салата в гидропонных системах замкнутого типа в светокультуре на энергоэкологичность производства при использовании интеллектуальной системы управления процессом выращивания.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Выращивание салата Батавия сорт Афицион способом «светокультура» проводили в лабораторных условиях, приближенных к закрытым сооружениям: без доступа естественного света с использованием приточной вентиляции.

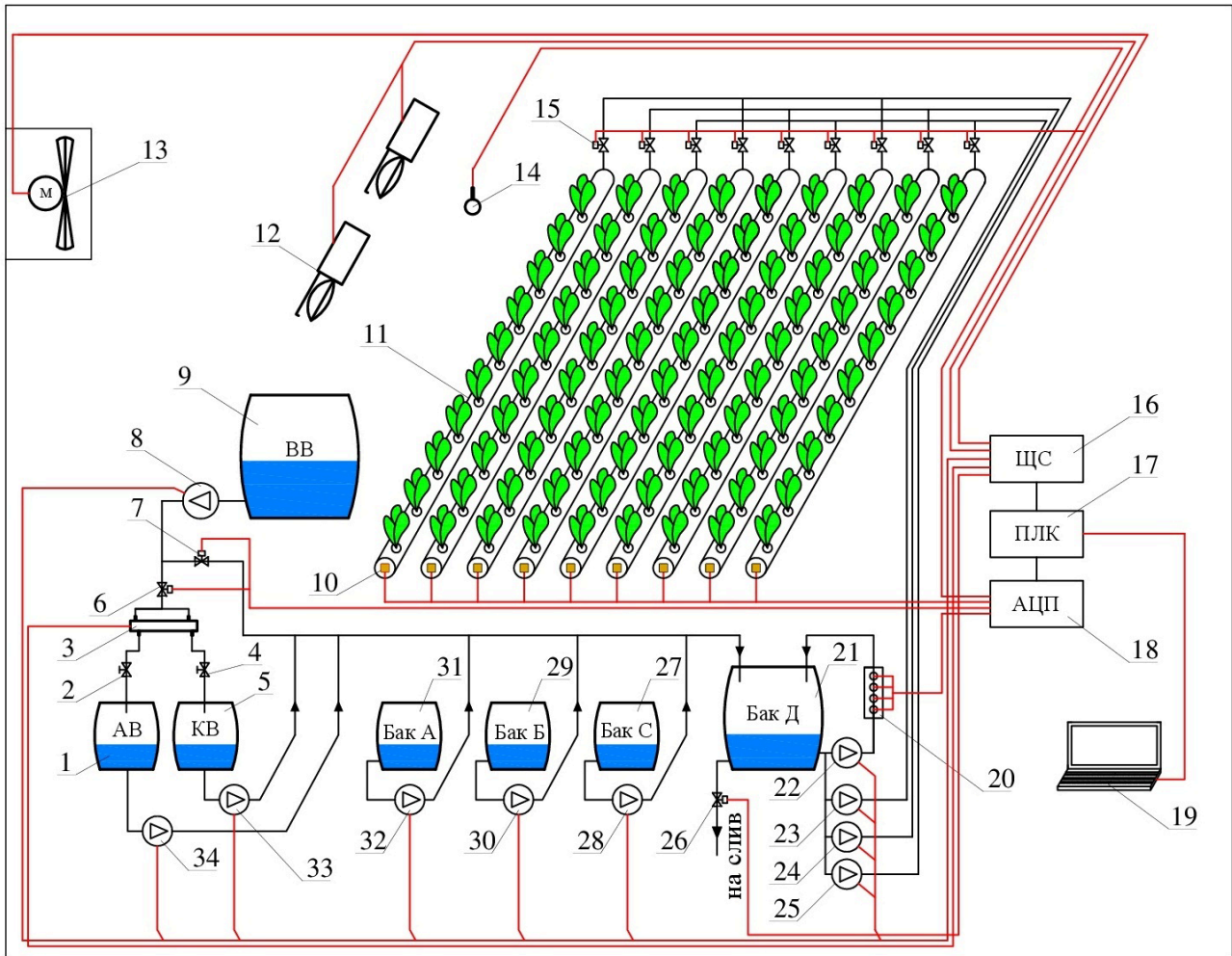


Рис. 1. Схема лабораторной установки по выращиванию салата

Растения салата выращивали в пластиковых горшочках PR-306, заполненных торфом. В течение первых 10 дней горшочки с растениями находились на столе семян и по достижении 2-х настоящих листьев горшочки переносили в рабочую зону (трубы ПВХ d=110 мм с 10 отверстиями для горшочков длиной 2 метра). Трубы заполняли питательным раствором до погружения нижней части горшочка в питательный раствор на 6 мм (объем питательного раствора 13 л/трубу). По мере снижения уровня питательного раствора в трубе за счет потребления растениями до 12 литров добавляли скорректированный по показателям pH, ОВП и ЕС питательный раствор в соответствии с вариантами опыта (рис.1):

- вариант №1 (контроль) – полная доза удобрений на ВВ;
- вариант №2 – уменьшенная доза удобрений на 1/3 на КВ;
- вариант №3 – полная доза удобрений на смеси КВ:АВ=1:0,5.

Работа установки по выращиванию растений в соответствии с вариантами опыта в автоматическом режиме осуществляется следующим образом: предварительно отстоявшаяся водопроводная вода (ВВ) из емкости 9 при помощи водяного насоса 8, открытом клапане 6 и закрытом клапане 7 и выставленных расходах катодной воды (КВ) и анодной воды (АВ) вентилями 2 и 4 подается в проточный электрохимический модуль 3 (ПЭМ-3), выпускаемый серийно в ОАО НПО «Экран», где под действием постоянного электрического тока происходит электрохимическая активация (ЭХА) ВВ. После ЭХА АВ и КВ поступают в соответствующие емкости 1 и 5. По мере наполнения емкостей 1 и 5 при помощи насосов 34 и 33 происходит перекачивание АВ и КВ в смешительный бак 21 (Бак Д), куда также в зависимости от варианта опыта насосом 32 из бака 31 подается раствор удобрений (Бак А), насосом 30 из емкости 29 подается раствор удобрений (Бак Б), а из бака 27 насосом 28 подается 20% раствор  $\text{HNO}_3$  для корректировки уровня pH питательного раствора.

Перемешивание компонентов в баке Д происходит при помощи насоса 22, осуществляющего движение смеси по замкнутому контуру через модуль 20, состоящий из датчиков: pH(ед.), ЕС (мСм/см),  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) и Eh (мВ). После этого в зависимости от варианта опыта при открытых соответствующих клапанах 15 при помощи насосов 23, 24 и 25 осуществляется подача питательного раствора в трубы выращивания растений 11. Закрытие клапанов 15 на каждой трубе осуществляется от датчиков уровня 10, расположенных в каждой трубе. Перед приготовлением очередного питательного раствора бак Д предварительно опорожняется путем открытия клапана слива 26. При приготовлении питательного раствора на ВВ вода в бак Д поступает непосредственно из емкости 9 при открытом клапане 7 и закрытом клапане 6. По мере заполнения всех труб питательным раствором происходит перекачка АВ и КВ в бак Д с последующим сливом. Температуру в лабораторном помещении поддерживали в диапазоне  $+18...+20^{\circ}\text{C}$  при помощи приточной вентиляции, обеспечивающей приток наружного воздуха вентилятором 13 в зависимости от показаний датчика температуры 14 при подвижности воздуха в зоне выращивания растений в диапазоне 0,3-0,5 м/с. Относительная влажность воздуха составляла 50-60%. Освещенность поддерживали на уровне 12 кЛк лампами ДНаЗ Супер/Reflux S 400 круглосуточно. Управление процессом осуществлялось программируемым логическим контроллером 17, выпускаемым фирмой «Овен» (ПЛК-160-220-А-Л) на основании сигналов датчиков 20 и датчика температуры 16, преобразованных с помощью преобразователей сигналов фирмы Jumo и аналого-цифрового преобразователя 18. (МВ-110-24АС). В качестве силовой части использованы силовые реле, расположенные в щите силовом 16. Программа управления всем технологическим процессом выполнена в среде программирования CoDeSys 2.4 и загружается в ПЛК непосредственно с ЭВМ 19.

Фрагмент программы автоматического управления процессом выращивания салата в опыте на примере температуры воздуха, выполненный на языке CFC в среде программирования CoDeSys, представлен на рис. 2

Активированную воду, катодную (КВ) и анодную (АВ) получали в проточной диафрагменной ячейке на базе элемента ПЭМ-3 (проточный электрохимический модуль), выпускаемый серийно в ОАО НПО «Экран».

Показатели ВВ до подачи в активатор: pH=6,8; ОВП=+260 мВ; ЕС=0,13 мСм/см при  $t=19^{\circ}\text{C}$ . При подаче на электроды электрохимического активатора  $U=80$  В и  $I=0,9$  получали следующие показатели: pH<sub>КВ</sub>=10,9; ОВП<sub>КВ</sub>=-460 мВ; ЕС<sub>КВ</sub>=0,29 мСм/см; pH<sub>АВ</sub>=3,05; ОВП<sub>АВ</sub>=+780 мВ; ЕС<sub>АВ</sub>=0,55 мСм/см.

Субстратом для выращивания салата был торф верховой низкой степени разложения (10%), зольностью 10%, кислый. Раскисление торфа проводили доломитовой мукой до pH=6,2. В торф вносили макро- и микроэлементы из расчета г/кг торфа:  $\text{KNO}_3$  – 0,5;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,3  $\text{MgSO}_4$  – 0,5.

Подготовку растворов минеральных удобрений проводили с учетом химического состава воды. Готовили три маточных раствора из расчета: 150 г/л Кемиры Тепличной, 40 г/л

кальциевой селитры и 40 г/л калимага. При подготовке рабочих растворов маточные растворы разбавляли в 130-150 раз из расчета создания наиболее оптимальных условий для роста и развития растений салата.

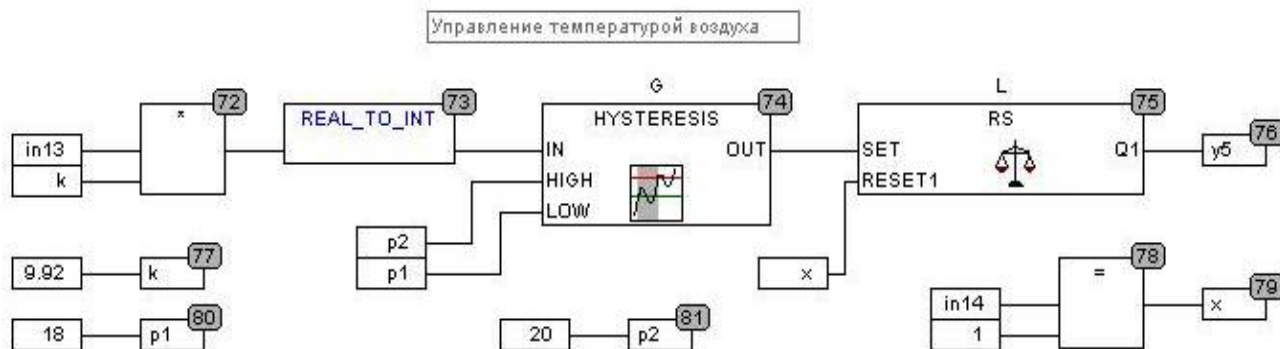


Рис. 2. Управление температурой воздуха в помещении (фрагмент программы)

Состав рабочего питательного раствора, приготовленный на основе водопроводной воды (ВВ), был следующий, мг/л: N-NO<sub>3</sub> – 226,0; N-NH<sub>4</sub> – 17,4; P – 37,9; K – 442,0; Ca – 213,4; Mg – 82,5; S – 40,3; Fe – 0,16; B – 0,32; Zn – 0,16; Cu – 0,16; Mo – 0,32; Mn – 0,16. EC – 1,6 мСм/см., pH = 5,8–6,0.

**Результаты исследований.** Урожайность салата, выращенного в трубах ПВХ на КВ с уменьшенной дозой удобрений на 1/3 от полной дозы и на смеси КВ:АВ=1:0,5, составила 3,34 и 3,51 кг/м<sup>2</sup> (соответственно) при урожайности в варианте №1 (контроль) – 3,35 кг/м<sup>2</sup>. При этом выход сухого вещества в салате, выращенного с применением активированной воды на 22,5% на КВ и на 28,4% на смеси КВ:АВ=1:0,5, выше к контролю ВВ – 0,176 кг/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность и качество салата Афицион, выращенного в непроточной гидропонной системе

Варианты	Масса растения, г/горш.	Урожайность салата, кг/м <sup>2</sup>	Содержание сухого вещества, %	Выход сухого вещества, кг/м <sup>2</sup>	Прибавка, %
Вариант №1	119,9	3,35	5,27	0,176	–
Вариант №2	119,6	3,34	6,46	0,215	25,8
Вариант №3	125,7	3,51	6,46	0,226	26,9

Увеличение содержания сухого вещества в вариантах с использованием ЭХА питательных растворов связано с усилением биологической активности питательных растворов за счет изменений химического состава и преобразований на молекулярном уровне в результате электрохимического воздействия (табл.2).

Таблица 2. Содержание элементов в питательных растворах при выращивании салата Афицион (среднее за оборот)

Варианты	Содержание элементов питания, мг/л					
	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg
Вариант №1	16,7	120,0	34,8	356,3	202,7	80,5
Вариант №2	15,5	108,0	26,2	222,9	158,7	70,2
Вариант №3	9,0	115,0	27,2	282,4	177,6	78,8

Из данных табл. 2 видно, что в вариантах с использованием ЭХА наличие питательных элементов на момент окончания опыта ниже, чем в контроле, что свидетельствует о более интенсивном их поглощении растениями салата, что положительно сказалось на повышении содержания сухого вещества. Необходимо отметить, что снижение

дозы питательных элементов на 1/3 в питательном растворе на основе КВ не ухудшило измеряемые в опыте показатели качества выращиваемого салата, что позволяет сделать вывод о целесообразности применения данной технологии при производстве данного вида продукции. Снижение сроков производства продукции на 2-3 дня относительно стандартных промышленных норм и сокращение нормы используемых для приготовления питательных растворов способствуют повышению уровня энергоэкологичности технологического процесса производства растениеводческой продукции.

**Выводы.** В результате проведенного исследования установлено, что выращивание салата Батавия сорт Афицион в светокультуре на гидропонных системах замкнутого типа без принудительного перемешивания с использованием питательных растворов на КВ и смеси КВ:АВ=1:0,5, приготовленных на основе безреагентной электрохимической активации, является целесообразным: урожайность салата составила 3,34 и 3,51 кг/м<sup>2</sup> с высоким выходом сухого вещества 0,215 и 0,226 кг/м<sup>2</sup>, соответственно, по сравнению с вариантом на ВВ (3,35 и 0,153 кг/м<sup>2</sup>). Питательный раствор, приготовленный на КВ, позволяет сократить затраты на удобрения при приготовлении питательных растворов на 1/3 от полной дозы на ВВ и сроки выращивания на 3-4 дня (до 28 дней), по сравнению с общепринятыми сроками выращивания для Северо-Западного региона.

### Литература

1. **Козаи Т.** Коммерческие замкнутые системы с досвечиванием // Мир теплиц. – 2005. – №7. – С 47.
2. **Михеева Н.О.** Салаты на гидропонике // Теплицы России. – 2004. – №2-4. – С.22-24.
3. **Судаченко В.Н., Мишанов А.П., Маркова А.Е., Колянова Т.В.** Использование биологически активных активированных питательных растворов в интенсивной светокультуре // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2010. – №20. – С. 290-294.
4. **Мишанов А.П., Судаченко В.Н., Маркова А.Е., Колянова Т.В.** Повышение экологической безопасности питательных растворов в интенсивной светокультуре на основе технологии электрохимической активации (ЭХА) // Экология и сельскохозяйственные технологии: агроинженерные решения: материалы 7 научн.-практ. конференции. – СПб, 2011. – С. 202-208.
5. **Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкина Е.И., Чушкин А.Н.** Продуктивность томатов при капельном орошении с использованием электрохимически активированной воды // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – №2 (14). – С. 1-14.
6. **Нугманов С.С., Иралиева Ю.С., Гриднева Т.С.** Влияние электроактивированной воды при поливе на состав и продуктивность листового салата // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 32-35.
7. **Бахир В.М.** Электрохимическая активация: очистка воды и получение полезных растворов / ВНИИИМТ. – М., 2001. – С. 19-23.
8. **Мишанов А.П., Маркова А.Е.** Изменение окислительно-восстановительного потенциала католита при его подаче через форсунку // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – № 90. – С. 28-33.
9. **Петрушанко И.Ю., Лобышев В.И.** Неравновесное состояние электрохимически активированной воды и её биологическая активность // Биофизика. – 2001. – Т. 46. – Вып. 3. – С. 389-401.
10. **Кравченко В.Н., Мазаев Ю.В., Яшин И.С.** Основные показатели активированной воды с учетом ее разбавления // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2018. – № 3 (31). – С. 174-177.
11. **Ракутько С.А.** Энергоэкологичность как свойство искусственной биоэнергетической системы светокультуры // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 95. – С.77-89.

### Literatura

1. **Kozai T.** Kommercheskie zamknutye sistemy s dosvechivaniem // Mir teplic. – 2005. – №7. – S 47.
2. **Miheeva N.O.** Salaty na gidroponike // Teplicy Rossii. – 2004. – №2-4. – S.22-24.
3. **Sudachenko V.N., Mishanov A.P., Markova A.E., Kolyanova T.V.** Ispol'zovanie biologicheskii aktivnykh aktivirovannykh pitatel'nykh rastvorov v intensivnoj svetokul'ture // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – №20. – S. 290-294.
4. **Mishanov A.P., Sudachenko V.N., Markova A.E., Kolyanova T.V.** Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti pitatel'nykh rastvorov v intensivnoj svetokul'ture na osnove tekhnologii elektrohimiicheskoy aktivatsii (EKHA) // Ekologiya i sel'skohozyajstvennyye tekhnologii: agroinzhenernyye resheniya: materialy 7 nauchn.-prakt. konferencii. –SPb, 2011. – S. 202-208.
5. **Semenenko S.YA., Lytov M.N., CHushkina E.I., CHushkin A.N.** Produktivnost' tomatov pri kapel'nom oroshenii s ispol'zovaniem elektrohimiicheskii aktivirovannoy vody // Nauchnyy zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii. – 2014. – №2 (14). – S. 1-14.
6. **Nugmanov S.S., Iralieva YU.S., Gridneva T.S.** Vliyanie elektroaktivirovannoy vody pri polive na sostav i produktivnost' listovogo salata // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2016. – № 4. – S. 32-35.
7. **Bahir V.M.** Elektrohimiicheskaya aktivatsiya: ochildka vody i poluchenie poleznykh rastvorov / VNIIMT. – M., 2001. – S. 19-23.
8. **Mishanov A.P., Markova A.E.** Izmenenie oksiditel'no-vosstanovitel'nogo potentsiala katolita pri ego podache cherez forsunku // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2016. – № 90. – S. 28-33.
9. **Petrushanko I.YU., Lobyshev V.I.** Neravnovesnoe sostoyanie elektrohimiicheskii aktivirovannoy vody i eyo biologicheskaya aktivnost' // Biofizika. – 2001. – T. 46. – Vyp. 3. – S. 389-401.
10. **Kravchenko V.N., Mazaev YU.V., YAshin I.S.** Osnovnyye pokazateli aktivirovannoy vody s uchetom ee razbavleniya // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva. – 2018. – № 3 (31). – S. 174-177.
11. **Rakut'ko S.A.** Energoekologichnost' kak svoystvo iskusstvennoj bioenergeticheskoy sistemy svetokul'tury // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2018. – № 95. – S.77-89.

УДК 631.171; 631.365

DOI 10.24411/2078-1318-2019-14261

Доктор техн. наук **М.С. ВОЛХОНОВ**

(ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, vms72@mail.ru)

Канд. техн. наук **И.А. СМЕРНОВ**

(ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, iwan-smirnow@rambler.ru)

Ст. преподаватель **И.А. ДЖАББАРОВ**

(ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, idzhabbarov@yandex.ru)

Аспирант **М.Г. ЧУПЕРКА**

(ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, mike\_9427@mail.ru)

### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ОКОНЧАНИЯ СУШКИ ПО ХАРАКТЕРУ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ МАТЕРИАЛА

Основные задачи послеуборочной обработки зерна – снижение потери семян и доведение их качественных характеристик в зависимости от назначения до норм государственного стандарта [1]. Влажность зернового вороха существенно зависит от периода уборки. Растягивание сроков уборки зерновых культур приводит к увеличению потерь зерна, повышению его влажности, прорастанию и порче. Установлено, что семена основной культуры, содержащиеся в свежубранном зерновом ворохе, имеют значительное различие по влажности. В Северо-Западном регионе России, в одном колосе при влажности вороха ячменя 30% отдельные семена имели влажность в пределах от 8 до 21% [1, 2].

Проблемой, снижающей качество семян во всем мире, является точность определения влажности материала при сушке как в потоке, так и на зерносушилках периодического действия, из-за сложности конструкции влагомеров, высокой погрешности измерений, трудности установки в технологическую схему сушилки и высокой стоимости устройства. Для измерения влажности зерна применяются методы, основанные на контроле изменения физических характеристик зерна при изменении его влажности [3]. Для измерения влажности зерна широко используются кондуктометрические, диэлькометрические или резистивные датчики [4]. Из-за погрешности измерений датчиками по окончании сушки наблюдается разброс относительной влажности зерен, причем часть из них пересушивается, другая часть не досушивается. При пересушке зерна нерационально расходуется большое количество тепловой энергии – до 58,3 МДж на 1% излишне испаренной влаги с одной тонны зерна. При недостаточном удалении влаги осуществляется повторная сушка зерна, при этом значительно снижается ее производительность и повышается травмирование влажных зерновок рабочими органами машин и оборудования технологической линии сушки.

Решением данной проблемы занимались многие ученые. Известен резистивный датчик определения влажности в режиме реального времени [5], который использует метод наименьших квадратов для калибровки данных. Содержание влаги в зерне определяется путем обработки данных о сопротивлении зерна и его температуры. Использование резистивного датчика сопряжено с повышением погрешности измерений из-за образования поверхностной влаги зерна в процессе сушки.

Известна система автоматизированного определения параметров сушки зерна [6]. Недостатком данной системы является использование промышленных датчиков влажности зерна, которые имеют высокую стоимость, нуждаются в постоянном тарировании при смене режимов работы сушилки, существует трудность установки поточного влагомера в линию, а в некоторых сушилках конструктивно это невозможно.

Существует модель интеллектуального управления процессом сушки зерна [7], основанная на автоматизированном контроле параметров агента сушки и влажности зерна в реальном времени. Устройство состоит из микроконтроллера, датчиков влажности и температуры, промышленного компьютера управления и системы сбора данных. Недостатком модели интеллектуального управления является отсутствие системы, позволяющей автоматически контролировать температуру зерна в реальном времени, что может привести к перегреву семян, повышению себестоимости готовой продукции и снижению качества.

Исследования процесса управления сушкой зерна [8] позволили получить зависимость, устанавливающую связь между параметрами высокотемпературной сушки, температурой нагрева зерна, начальной влажностью и временем последующего вентилирования. Недостатком является невозможность использования зависимостей в сушилках со стохастическим движением зерна, поскольку были получены для неподвижного слоя.

Существует зависимость изменения температуры зерна от влажности при его сушке, которая подтверждается результатами исследований, приведенными в работе [9]. Математическое моделирование сушки приведено также и в работе [10], где теоретические предпосылки зависимости изменения скорости сушки материала от его температуры были подтверждены экспериментально.

В работе [11] приведены результаты исследования кинетики сушки плотного слоя зерновых материалов в микроволновом поле. Показано, что изменения влагосодержания и температуры во времени соответствуют кривым, характерным для сушки коллоидных капиллярно-пористых тел при других способах подвода теплоты.

Математическое моделирование кинетики сушки семян представлено в работе [12]. Статистические результаты показали, что модель Хендерсона-Пабиса также возможно применять и для кинетики сушки тонкого слоя семян.

Моделирование кривых сушки проводилось и для листьев базилика при температурах 50, 60, 70 и 80°C, для оценки влияния температуры сушки на цвет высушенных листьев. Выявлено, что поведение кривых сушки листьев базилика было сходным с большинством сельскохозяйственных продуктов [13].

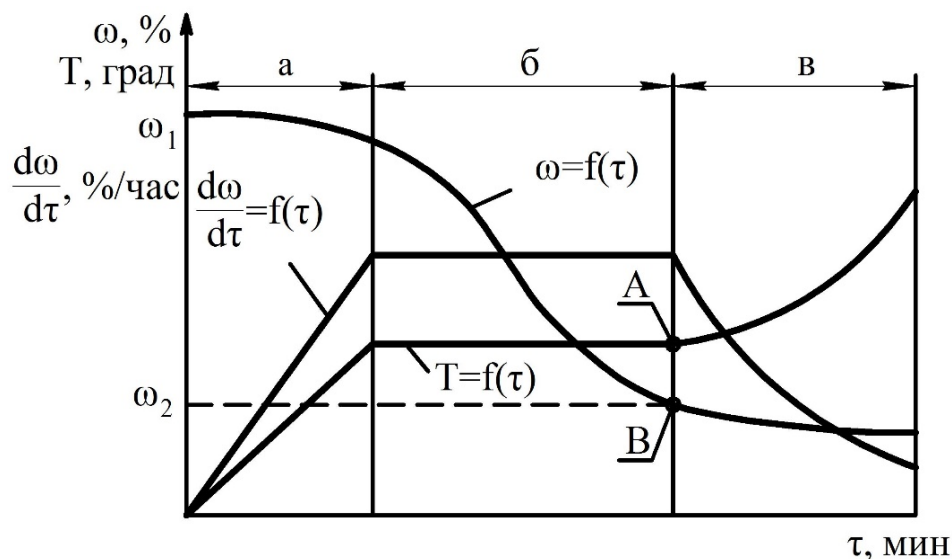
Выявленные закономерности указывают на зависимость изменения температуры капиллярно-пористых коллоидных тел от влажности в процессе их сушки, следовательно, имеется возможность использовать эту закономерность для контроля окончания сушки без дорогостоящих, имеющих много недостатков влагомеров.

**Цель исследования** – разработать устройство определения окончания сушки семян на основе кинетики их сушки без использования влагомеров.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- обосновать способ определения окончания сушки семян без использования влагомеров;
- разработать устройство определения окончания сушки зерна по характеру изменения температуры в процессе их обезвоживания и проверить его работу в производственных условиях.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Для достижения поставленной цели разработан способ определения окончания сушки семян [14]. В его основу положена кинетика процесса сушки, свойственная влажным капиллярно-пористым коллоидным телам [4]. Очевидно, что кривые изменения влажности и температуры материала (рис. 1) коррелируются, что позволяет при анализе изменений характера одной кривой объективно судить об изменении другой. Следует отметить, что изменение температуры имеет яркие отличительные особенности в каждом периоде сушки. Особый интерес представляет окончание периода постоянной скорости сушки, когда поверхность семян обезвоживается, а материал имеет влажность, близкую к кондиционной [4]. По этой причине температура поверхности семян начинает интенсивно повышаться – от точки А, скорость сушки падает (рис.1).



$\omega$  – влажность зерна, %;                       $T$  – температура зерна, град;

$\frac{d\omega}{d\tau}$  – скорость сушки, %/час;             $\tau$  – длительность сушки, мин.

Рис. 1. Типичные кривые сушки капиллярно – пористых коллоидных материалов:  
а – период прогрева; б – период постоянной скорости сушки; в – период падающей скорости сушки; А – критическая точка; В – точка кривой, соответствующая кондиционной влажности материала



На основе приведенной закономерности разработано устройство определения окончания сушки зерна по характеру изменения температуры без использования влагомеров.

Устройство состоит из корпусов с пирометрическими датчиками, соединёнными с измерительной схемой индикаторного блока, микропроцессора и блока коррекции для получения и обработки данных, обратных линий связи микропроцессора, соединяющие пульт управления с пирометрическими датчиками. Управляющая линия при использовании устройства в сушилках непрерывного действия связана с приводом выпускного устройства, например, дозатора, при использовании в сушилках периодического действия – с системой управления работой теплогенератора.

Главной задачей устройства является определение критической точки «А» (рис.1), когда влажность семян близка к кондиционной. Микроконтроллер запрограммирован на периодический опрос температурных датчиков. Измеренные значения температуры передаются в микроконтроллер, где аппроксимируются полиномом третьей степени, затем находится производная найденной функции второго порядка. По результатам математической обработки осуществляется управляющее воздействие на устройство выгрузки зерна из сушилки непрерывного действия или теплогенератор в сушилке периодического действия, т.е. происходит управление экспозицией сушки семян [14].



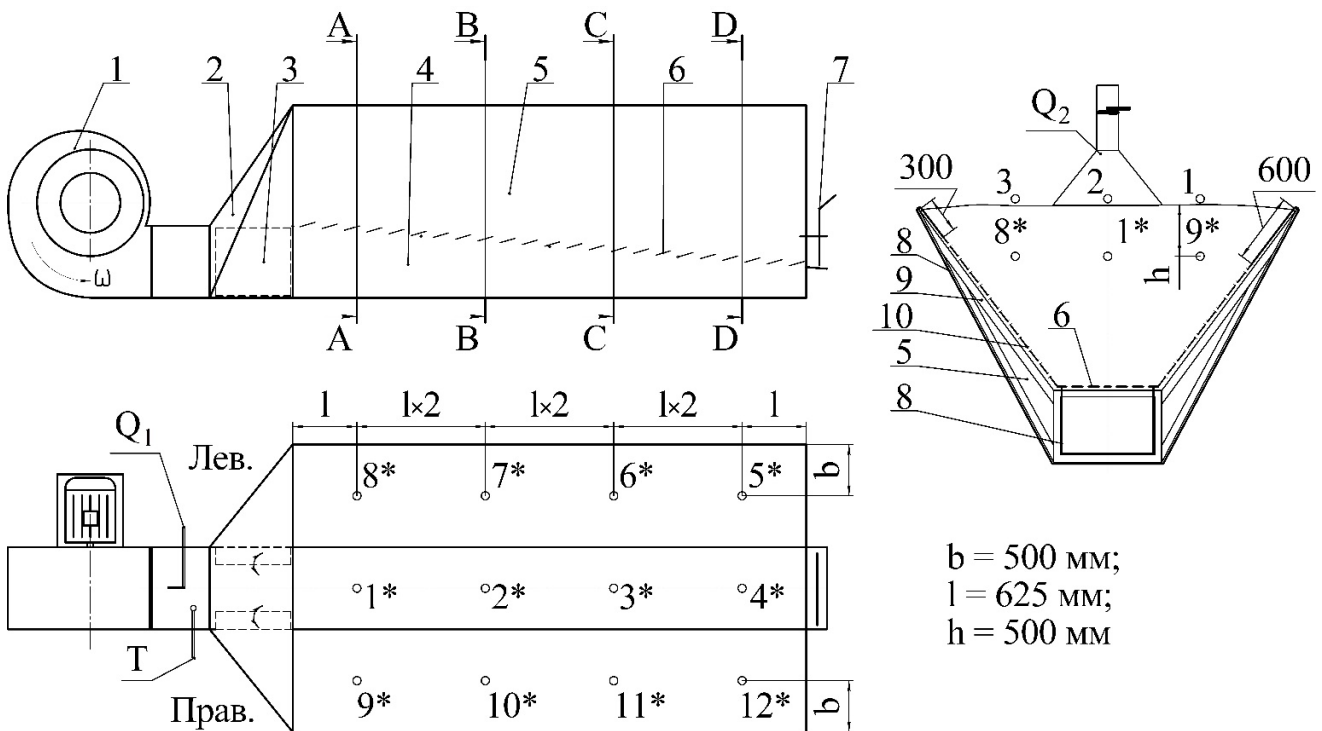
Рис. 2. Алгоритм работы устройства контроля окончания сушки

Проведено исследование работы разработанного устройства в производственных условиях ООО «Лесстрой» Костромской области при сушке высоковлажного вороха сои сорта «Светлая» на аэрожелобной сушилке из тканых материалов [15, 16]. Сушилка включала радиальный вентилятор 1 (рис. 3), соединенный с центральным 4 и боковыми 5 воздухоподводящими каналами посредством воздухораспределителя 2 с поворотными заслонками 3.

Центральный воздухоподводящий канал 4 сушилки образован жестким воздухораспределительным решетом 6 и тканевыми воздухо непроницаемыми стенками 8. Боковые воздухоподводящие каналы 5 изготовлены из воздухо непроницаемой 8 и сетчатой ткани 10. Жесткое воздухораспределительное решето 6 расположено под углом к горизонту для обеспечения движения материала при его выгрузке. Для обеспечения целостности конструкции аэрожелоба ткань 8, 10 и жесткое воздухораспределительное решето 6 крепятся на металлическом каркасе 9. Для разгрузки сушилка оснащена выгрузным устройством с шиберной заслонкой 7.

Аэрожелобная сушилка работает следующим образом (рис. 3). Зерновой ворох загружается на жесткое воздухораспределительное решето 6 и боковые стенки из сетчатой ткани 10 до полного заполнения всего объема. Затем включается радиальный вентилятор 1 и открываются поворотные заслонки 3 воздухораспределителя 2. Подогретый агент сушки от теплогенератора поступает в вентилятор 1 и через жесткое воздухораспределительное

решето 6 и сетчатую ткань 10 с высоким коэффициентом живого сечения равномерно вводится в слой высоковлажных семян. При этом семена равномерно прогреваются, агент сушки отбирает испарившуюся из них влагу и выходит в атмосферу. При достижении зерном кондиционной влажности устройство определения окончания сушки определяет критическую точку А (рис. 1) и подает команду на отключение теплогенератора и открывает шибер выгрузного устройства 7. Поворотные заслонки 3 воздухораспределителя 2 закрываются, и весь поток воздуха от вентилятора направляется в центральный воздухоподводящий канал 4 под жесткое воздухораспределительное решето 6. При этом возрастает скорость струй воздуха, выходящих под острым углом из щелей воздухораспределительного решета 6, чем обеспечивается бережное и надежное смещение сухого семенного вороха вдоль аэрожелоба к выгрузному устройству.



1 – радиальный вентилятор, 2 – воздухораспределитель, 3 – поворотные заслонки, 4 – центральный воздухоподводящий канал, 5 – боковые воздухоподводящие каналы, 6 – воздухораспределительное решето, 7 – шибер выгрузного устройства, 8 – воздухонепроницаемая ткань, 9 – металлический каркас, 10 – сетчатая ткань

Рис. 3. Конструкционная схема аэрожелобной сушилки из тканых материалов

(теплогенератор условно не показан): А, В, С, D – сечения замеров; 1, 2, 3 – точки замера расхода отработавшего агента сушки и его температуры на поверхности вороха в сечениях А, В, С, D; 1\*... 12\* – точки измерения влажности семян сои и температуры семян пирометром – MS6530 и устройством определения окончания сушки в сечениях А, В, С, D

Исследовалось влияние и распределение потоков воздуха на работу пирометрических датчиков устройства определения окончания сушки семян в зависимости от положения поворотных заслонок 3 в воздухораспределителе 2 и степени закрытия тканевых сит боковых воздухоподводящих каналов 5 тканевого аэрожелоба (рис. 3).

В качестве основных факторов были приняты: положение поворотных заслонок – во время сушки заслонки были полностью открыты, а также степень закрытия сетчатой ткани боковых воздухоподводящих каналов. При этом правая сторона закрывалась на 600 мм от верхнего края боковых воздухоподводящих каналов, а левая на 300 мм (рис. 3).

Температуру агента сушки на входе в воздухораспределитель,  $T$ , °С, устанавливали на уровне  $60 \pm 2$  °С.

Выходными величинами являлись: расход отработавшего агента сушки,  $Q_2$ , м<sup>3</sup>/ч; температура отработанного агента сушки,  $T_2$ , °С. Влажность материала во время сушки,  $\omega_2$ , %; температура семян во время сушки,  $t_2$ , °С; расход топлива,  $q$ , кг/ч; потребляемая мощность электроэнергии,  $N$ , кВт·ч.

Контролировали следующие факторы: атмосферное давление воздуха  $P$ , Па; начальная влажность поступившей партии семян сои  $\omega_1$ , %; температура семян начальная  $t_1$ , °С; температура наружного воздуха  $t$ , °С. Относительная влажность воздуха  $\phi$ , %; расход агента сушки на входе в воздухораспределитель,  $Q_1$ , м<sup>3</sup>/ч.

Испытания проводили следующим образом. Запускался вентилятор 1 (рис. 3) и теплогенератор (на рисунке не показан) для подачи подогретого агента сушки при полностью загруженном аэрожелобе. После выхода на режим замерялся расход агента сушки на входе в воздухораспределитель 2, при полностью открытых заслонках 3, при этом часть потока агента сушки направлялась в боковые воздухоподводящие каналы 5, а остальная в центральный воздухоподводящий канал 4 (режим сушки).

Для определения температуры вороха сои на глубине 0,5 метра в точках 1\*...8\* сечений  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  в соответствии со схемой (рис. 3) измеряли температуру семян разработанным устройством, подключенным к персональному компьютеру для считывания и обработки данных. В точках 9\*...12\* сечений  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  для проверки влияния потока воздуха на пирометрические датчики измеряли температуру семян пирометром MS6530, извлекая пробы семян щупом пробоотборником.

Для определения расхода и температуры отработавшего агента сушки на поверхности вороха в точках 1, 2, 3 в сечениях  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  устанавливали конфузор с электронным анемометром UNI-T UT362 (рис. 3).

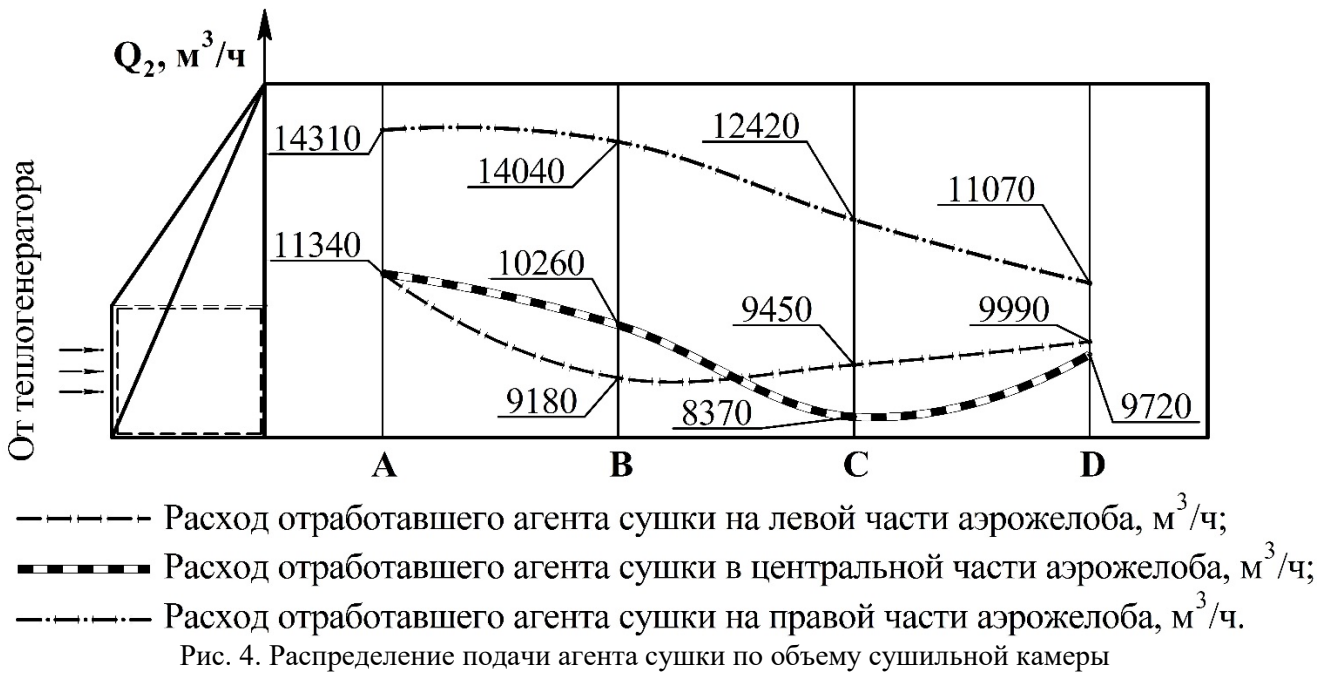
Влажность материала во время сушки определяли в точках 1\*...12\* сечений  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  (рис. 3), с помощью сушильного шкафа.

Измерения проводились через каждые 3 часа с пятикратной повторностью. После проведения экспериментов подсчитывались средние значения полученных результатов.

**Результаты исследований.** При проведении производственных испытаний температура наружного воздуха  $t$  находилась от  $-2$  до  $2,1$ °С. Относительная влажность воздуха,  $\phi$  – 92%; расход воздуха на входе в распределяющий воздухоподводящий патрубок,  $Q_1$ , в среднем составил 10957 м<sup>3</sup>/ч. Начальная относительная влажность семян сои  $\omega_1$  – 23%; начальная температура семян  $t_1$  –  $2,4$ °С, атмосферное давление воздуха  $P$  – 101,9 кПа. Средняя температура отработанного агента сушки  $T_2$  – 32,8°С. Температура нагрева семян в периоде постоянной скорости сушки  $t_2$  находилась в пределах  $40 \pm 2$ °С.

В ходе проведения производственных испытаний выявлено, что отклонение равномерности прогрева вороха сои по всему объему сушильной камеры в конце сушки не превышало 6,3°С. Удельный расход агента сушки составил 0,3 м<sup>3</sup>/с·т при толщине слоя семян на воздухораспределительном решете – 1,5 м. Наибольшее количество воздуха (рис. 4) поступало на начальном участке в сечениях  $A$  и  $B$ , а также с левой стороны сушильной камеры, у которой сетчатая ткань закрыта на 300 мм от поверхности слоя сои. Закрытие сетчатой ткани в верхней их части боковых воздухоподводящих каналов на 600 мм приводит к уменьшению подачи воздушного потока в слой вороха сои на 26,2%.

На рис. 4 наблюдается пересечение кривых распределения расхода агента сушки по причине вероятностного характера скважности зернового слоя. Это объясняется тем, что параметры вороха поступающего от комбайна – влажность, плотность, засоренность – имеют стохастический характер, а также отсутствием предварительной очистки, которую не проводили с целью снижения травмирования высоковлажных семян сои.



Влажность семян в процессе эксперимента была снижена с 23 до 9,5% за 22 часа. Отклонение влажности семян по объему сушильной камеры после охлаждения составило в пределах от 9,5% до 10,5%. Всхожесть семян после сушки и периода послуборочного дозревания возросла на 4,5% – с 75,5 до 80%.

В результате обработки опытных данных (табл. 1) разработанным устройством были определены точки перегиба температурных кривых при экспозиции сушки 0,514 – 0,689 от общего времени эксперимента – 22 часа. В определенное разработанным устройством время окончания сушки влажность семян сои составила от 11,4 до 12,0% (рис.5).

Таблица. Показатели работы разработанного устройства определения окончания сушки

Точки замеров	Показатели		
	расход отработавшего агента сушки, $Q_2, \text{ м}^3/\text{ч}$	доля от общего времени сушки, определенная устройством по точке перегиба А	влажность сои при определении устройством окончания сушки, $\omega_2, \%$
1*	11340	0,612	11,7
2*	10260	0,614	11,6
3*	8370	0,631	11,7
4*	9720	0,689	11,4
5*	11070	0,533	11,4
6*	12420	0,604	11,8
7*	14040	0,521	11,8
8*	14310	0,614	11,5
9*	11340	0,686	11,9
10*	9180	0,537	12,0
11*	9450	0,513	12,0
12*	9990	0,514	11,9

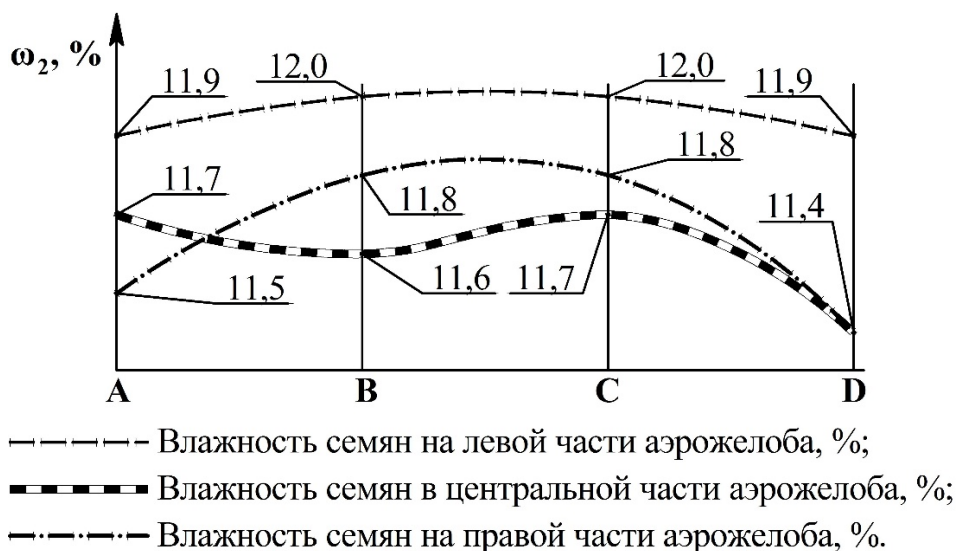


Рис. 5. Колебания влажности семян сои по объему сушильной камеры по окончании сушки – времени сушки, определенным разработанным устройством

В соответствии с требованиями межгосударственного стандарта [17] кондиционная влажность семян сои составляет 12%, результаты экспериментальной проверки доказали правильность выдвинутых теоретических положений. Расходы воздушного потока при сушке семян сои в плотном слое не оказывают существенного влияния на точность определения окончания сушки пирометрическими датчиками.

Реализация разработанного способа определения окончания сушки в системах управления экспозицией сушки зерна обеспечит своевременный вывод материала из сушильной камеры, из-под воздействия агента сушки, когда его температура приближается к критическому значению. Постоянный контроль температуры инфракрасными датчиками – без контакта с объектом контроля, повышает точность измерения температуры, гарантированно исключает гибель зародыша, денатурацию белка, ослабление клейковины. Энергозатраты в этом случае минимальны, т. к. процесс сушки осуществляется в режимах, которые рекомендованы разработчиками сушилок, и дополнительных затрат энергии, от пересушки или повторной сушки при недосушке зерна не происходит. К недостаткам разработанного способа можно отнести то, что при его применении в сушильных агрегатах будет использоваться сложная аппаратура и для поддержания ее работоспособности потребуются высокая квалификация обслуживающего персонала.

Результаты данного исследования возможно использовать при автоматизации работы высокотемпературных сушилок как поточных – шахтных, колонковых, бункерных, аэрожелобных, так и периодического действия. При этом вмешательство в уже имеющиеся системы автоматики минимальное. Система управления экспозицией сушки зерна – выгрузки зерна может работать как отдельное устройство, выносные датчики и блок управления которого легко монтируются в любую конструкционную и электрическую схемы сушилки.

#### Выводы:

1. Разработан способ контроля окончания сушки без использования влагомеров, основанный на постоянном контроле температуры семян и поиске участка на кривой изменения температуры, на котором происходит температурный скачок по причине обезвоживания семян и достижения ими влажности, близкой к кондиционной.

2. Разработано устройство определения окончания сушки зерна по характеру изменения температуры в процессе их обезвоживания, состоящее из корпусов с пирометрическими датчиками, соединёнными с измерительной схемой индикаторного блока, микропроцессора и блока коррекции для получения и обработки данных, обратных линий связи исполнительных устройств с микропроцессором. Измеренные значения температуры

аппроксимируются в микроконтроллере полиномом третьей степени, у которого находится производная второго порядка – температурный скачек. В производственных условиях с помощью разработанного устройства при сушке высоковлажных семян сои в аэрожелобной сушилке плотного слоя определено время окончания теплового воздействия на семена при достижении влажности сои 11,4–12,0%, что соответствует требованиям межгосударственного стандарта.

### Литература

1. **Смелик В.А., Новиков М.А., Ерошенко Л.И., Перекопский А.Н.** Анализ поступления зернового вороха на пункт послеуборочной обработки в регионе повышенного увлажнения // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2018. – № 20. – С. 17-19.
2. **Смелик В.А., Ерошенко Л.И., Сайда С.К.** Проектирование и строительство пунктов по послеуборочной обработке и хранению продукции растениеводства для типовых хозяйств Северо-Запада // Крупный и малый бизнес в АПК: роль, механизмы взаимодействия, перспективы. – СПб.: СПбГАУ, 2009. – С. 124.
3. **Теория и практика экспрессного контроля влажности твердых и жидких материалов** / Кричевский Е.С., Бензарь В.К., Венедиктов М.В. и др. (под общ. ред. Е.С. Кричевского). – М.: «Энергия», 1980. – 240 с.
4. **Volkhonov, M., Jabbarov, I., Soldatov, V., Smirnov, I.** (2018). Development of the method of exposure control of grain drying in high-temperature dryers. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 3, Issue 3 (93). P. 22–29.
5. **Конструкция встроенного резистивного датчика определения влажности зерна** [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <https://doaj.org/article/5bc01fcc6c3142098c784432a1968103> (дата обращения: 19.11.2019).
6. **Параметры обнаружение в сети и прогнозирование модели во время процесса сушки зерна** [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <https://doaj.org/article/394f5759af874c50b81642213d737dce> (дата обращения: 19.11.2019).
7. **Интеллектуальная модель управления процессом сушки** [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2012/584376/> (дата обращения: 19.11.2019).
8. **По вопросу совершенствования процесса сушки** [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <https://doaj.org/article/73e048f393404775b3239e6a5620b3ae> (дата обращения: 19.11.2019).
9. **Fundamentals of grain drying** [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest/drying/drying-basics/drying-process/fundamentals-of-grain-drying> (дата обращения: 19.11.2019).
10. **Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão-caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp.)** Mathematical modeling of the drying curves and diffusion coefficient of cowpea grains (Vigna unguiculata (L.) Walp.) [Электронный ресурс]: – 2013. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://doaj.org/article/5665b66e060040b3b41efef3cbf2ec3c> (дата обращения: 19.11.2019).
11. **Кинетика сушки зерновых материалов в микроволновом поле** [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <https://doaj.org/article/292517d0aad4490b8d20e039d86dcfb1> (дата обращения: 19.11.2019).
12. **MATHEMATICAL MODELING OF ORANGE SEED DRYING KINETICS** [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <https://doaj.org/article/0b13964684d34e18b1f3792bff2a20de> (дата обращения: 19.11.2019).
13. **Kinetics of drying of basil leaves (Ocimum basilicum L.) in the infrared** Cinética de secagem de folhas de manjeriçao (Ocimum basilicum L.) via infravermelho [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <https://doaj.org/article/0ea0dcc16a0b4d28b13b2c8c678e8c51> (дата обращения: 19.11.2019).
14. **Патент 2667250 Российская Федерация, МПК - F 26 B25/22.** Способ автоматизации управления экспозицией сушки зерна в высокотемпературных сушилках и устройство для

- его осуществления / Волхонов М.С., Габалов С.Л.; Джаббаров И.А.; Полозов С.А.; Волхонов В.М.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Костромская ГСХА, опубл. 18.09.2018.
15. **Патент 2593326 Российская Федерация, МПК F 26 В 23/02.** Устройство для вентилирования и транспортирования зернового вороха / Волхонов М.С., Смирнов И.А., Сочкова Е.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, опубл. 31.10.2018, бюл. №31. – 10 с.; ил.
16. **Volkhonov, M., Smirnov, I., Maksimov I.** (2019). Development and research of the equipment for admitting and drying soybean seeds with high level of moisture. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 3, Issue 11 (99). P. 70-78.
17. **ГОСТ 17109-88 Соя.** Требования при заготовках и поставках. Межгосударственный стандарт. Официальное издание Зернобобовые культуры: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 4 с.

### Literatura

1. **Smelik V.A., Novikov M.A., Eroshenko L.I., Perekopskij A.N.** Analiz postupleniya zernovogo voroha na punkt posleuborochnoj obrabotki v regione povyshennogo uvlazhneniya // *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo hozyajstva*. – Joshkar-Ola: Marijskij gos. un-t, 2018. – № 20. – S. 17-19.
2. **Smelik V.A., Eroshenko L.I., Sajda S.K.** Proektirovanie i stroitel'stvo punktov po posleuborochnoj obrabotke i hraneniyu produktsii rastenievodstva dlya tipovyh hozyajstv Severo-Zapada // *Krupnyj i malyj biznes v APK: rol', mekhanizmy vzaimodejstviya, perspektivy*. – SPb.: SPbGAU, 2009. – S. 124.
3. **Teoriya i praktika ekspressnogo kontrolya vlazhnosti tverdyh i zhidkih materialov /** Krichevskij E.S., Benzar' V.K., Venediktov M.V. i dr. (pod obshch. red. E.S. Krichevskogo). – М.: «Energiya», 1980. – 240 s.
4. **Volkhonov, M., Jabbarov, I., Soldatov, V., Smirnov, I.** (2018). Development of the method of exposure control of grain drying in high-temperature dryers. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 3, Issue 3 (93). P. 22–29.
5. **Konstrukciya vstroennogo rezistivnogo datchika opredeleniya vlazhnosti zerna** [Elektronnyj resurs]: – Elektronnye dannye. – Rezhim dostupa: <https://doaj.org/article/5bc01fcc6c3142098c784432a1968103> (data obrashcheniya: 19.11.2019).
6. **Parametry Obnaruzhenie v seti i prognozirovanie modeli vo vremya processa sushki zerna** [Elektronnyj resurs]: – Elektronnye dannye. – Rezhim dostupa: <https://doaj.org/article/394f5759af874c50b81642213d737dce> (data obrashcheniya: 19.11.2019).
7. **Intellektual'naya model' upravleniya processom sushki** [Elektronnyj resurs]: – Elektronnye dannye. – Rezhim dostupa: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2012/584376/> (data obrashcheniya: 19.11.2019).
8. **Po voprosu sovershenstvovaniya processa sushki** [Elektronnyj resurs]: – Elektronnye dannye. – Rezhim dostupa: <https://doaj.org/article/73e048f393404775b3239e6a5620b3ae> (data obrashcheniya: 19.11.2019).
9. **Fundamentals of grain drying** [Elektronnyj resurs]: – Elektronnye dannye. – Rezhim dostupa: <http://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest/drying/drying-basics/drying-process/fundamentals-of-grain-drying> (data obrashcheniya: 19.11.2019).
10. **Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão-caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp.)** Mathematical modeling of the drying curves and diffusion coefficient of cowpea grains (Vigna unguiculata (L.) Walp.) [Elektronnyj resurs]: – 2013. – Elektronnye dannye. – Rezhim dostupa: <https://doaj.org/article/5665b66e060040b3b41efef3cbf2ec3c> (data obrashcheniya: 19.11.2019).
11. **Kinetika sushki zernovyh materialov v mikrovolnovom pole** [Elektronnyj resurs]: – Elektronnye dannye. – Rezhim dostupa: <https://doaj.org/article/292517d0aad4490b8d20e039d86dcfb1> (data obrashcheniya: 19.11.2019).

12. **MATHEMATICAL MODELING OF ORANGE SEED DRYING KINETICS** [Elektronnyj resurs]: – Elektronnye dannye. – Rezhim dostupa: <https://doaj.org/article/0b13964684d34e18b1f3792bff2a20de> (data obrashcheniya: 19.11.2019).
13. **Kinetics of drying of basil leaves** (*Ocimum basilicum* L.) in the infrared Cinética de secagem de folhas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) via infravermelho [Elektronnyj resurs]: – Elektronnye dannye. – Rezhim dostupa: <https://doaj.org/article/0ea0dcc16a0b4d28b13b2c8c678e8c51> (data obrashcheniya: 19.11.2019).
14. **Patent 2667250 Rossijskaya Federaciya, MPK - F 26 B25/22.** Sposob avtomatizacii upravleniya ekspoziciej sushki zerna v vysokotemperaturnyh sushilkah i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya / Volhonov M.S., Gabalov S.L.; Dzhabbarov I.A.; Polozov S.A.; Volhonov V.M.; zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO Kostromskaya GSKHA, opubl. 18.09.2018.
15. **Patent 2593326 Rossijskaya Federaciya, MPK F 26 B 23/02.** Ustrojstvo dlya ventilirovaniya i transportirovaniya zernovogo voroha / Volhonov M.S., Smirnov I.A., Sochkova E.S.; zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VO Kostromskaya GSKHA, opubl. 31.10.2018, byul. №31. – 10 s.; il.
16. **Volkhonov, M., Smirnov, I., Maksimov I.** (2019). Development and research of the equipment for admitting and drying soybean seeds with high level of moisture. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 3, Issue 11 (99). P. 70-78.
17. **GOST 17109-88 Soya.** Trebovaniya pri zagotovkah i postavkah. Mezhgosudarstvennyj standart. Oficial'noe izdanie Zernobovoye kul'tury: Sb. GOSTov. - M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2003. – 4 s.



**КРЯЖКОВ ВАЛЕНТИН МИТРОФАНОВИЧ – РЕКТОР, УЧЁНЫЙ, ВОСПИТАТЕЛЬ**

Одним из ректоров Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (до 1991 года – Ленинградского сельскохозяйственного института) в 1974-1978 гг. был Кряжков Валентин Митрофанович (15 августа 1928 г. — 20 августа 2016 г.)



Ректор ЛСХИ Кряжков Валентин Митрофанович  
Доктор технических наук, профессор, член - корреспондент  
Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук (1975 год)

Валентин Митрофанович Кряжков родился 15 августа 1928 г. в селе Михайловское Ново-Оскольского района Белгородской области.

В 1947 году он с отличием окончил Ново-Оскольский техникум механизации сельского хозяйства, работал трактористом, комбайнером, участковым механиком машинно-тракторной станции, после окончания был инструктором в техникуме.

Многие годы трудовая деятельность Валентина Митрофановича была связана с Ленинградским сельскохозяйственным институтом. После окончания в 1953 году с отличием Ленинградского института механизации сельского хозяйства он поступил в аспирантуру, защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Применение металлизации напылением для восстановления внутренних цилиндрических поверхностей автотракторных деталей». С 1957 года работал ассистентом, с 1960-го – старшим преподавателем, а с 1961-го – доцентом кафедры ремонта машин и одновременно деканом заочного образования Ленинградского сельскохозяйственного института.

Уже в это время проявляются блестящие организаторские способности В.М. Кряжкова. В 1963 году он избирается деканом инженерного факультета, с 1968 по 1978 год – заведующий кафедрой ремонта машин. Всё время Валентин Митрофанович большое внимание уделяет

учебному процессу. Было открыто обучение по новой специализации – Организация и технология ремонта машин. Все лаборатории кафедры были переоснащены новейшим оборудованием, приобретённым за счёт средств, полученных по хозяйственным договорам с ремонтными предприятиями.

Будучи заведующим кафедрой В.М. Кряжков организует первую в сельскохозяйственных вузах страны отраслевую научно-исследовательскую лабораторию. В приказе Министерства сельского хозяйства СССР № 136 и Всероссийского объединения «Россельхозтехника» от 6 июня 1968 года об организации отраслевой научно-исследовательской лаборатории по изысканию прогрессивных методов восстановления и повышения долговечности деталей сельскохозяйственной техники механизированными видами наплавки и сварки сказано:

- организовать с 1 июля 1968 года в Ленинградском сельскохозяйственном институте при кафедре ремонта машин отраслевую лабораторию;

- возложить на указанную лабораторию проведение теоретических и экспериментальных исследований по изучению, совершенствованию, разработке и производственной проверке рациональных способов централизованного восстановления и повышения долговечности деталей тракторов, автомобилей и другой сельскохозяйственной техники путём применения механизированных видов наплавки и сварки.

Руководителем лаборатории был назначен кандидат технических наук, доцент Кряжков В.М. Финансирование работ в лаборатории осуществлялось по хозяйственным договорам со Всероссийским объединением «Сельхозтехника» и непосредственно с ремонтными предприятиями.



В.М. Кряжков на научной конференции с докладом о результатах работы научно-исследовательской отраслевой лаборатории (1970 г.)

С этого времени началось планомерное исследование и разработка технологических процессов восстановления деталей наплавкой. Об объёме работ можно судить по числу сотрудников, занятых научной работой. Через три года общая численность научных сотрудников и производственного персонала с учётом привлекаемого к работе профессорско-преподавательского состава и аспирантов достигла 42 человек.

Разработанные технологические процессы восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники (более 30 процессов) были внедрены на ремонтных

предприятиях Ленинградской, Тюменской, Тверской, Саратовской областях, Калининградском и Ставропольском ремонтных заводах, в Краснодарском крае. В Гатчинском районном объединении «Сельхозтехника» была создана база ускоренных испытаний восстановленных деталей и отремонтированных узлов и агрегатов тракторов, включающая 12 полномасштабных стендов.

На основе выполненных исследований в 1973 году В.М. Кряжков защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук на тему «Научные основы восстановления работоспособности сопряжений деталей сельскохозяйственных тракторов применением металлопокрытий и упрочняющей технологии».

Кроме отраслевой лаборатории по инициативе В.М. Кряжкова при кафедре в 1976 году была создана Проблемная научно-исследовательская лаборатория по повышению ресурса отремонтированных энергонасыщенных тракторов.

На лабораторию было возложено проведение исследований по следующим направлениям:

- разработка методов оценки эксплуатационной надежности и повышения ресурса отремонтированных энергонасыщенных тракторов;
- разработка высокоэффективных технологий восстановления и упрочнения изношенных деталей энергонасыщенных тракторов;
- разработка методов и технических средств ускоренных ресурсных испытаний восстановленных деталей, узлов и агрегатов отремонтированных энергонасыщенных тракторов.

С этого времени работа отраслевой и проблемной лабораторий проводилась по единому координационному плану. За время работы на кафедре Кряжков В.М. создал научную школу в области ремонта машин, подготовил 28 кандидатов технических наук и 3 доктора технических наук.

В январе 1974 года В.М. Кряжков был назначен ректором Ленинградского сельскохозяйственного института и работал заведующим кафедрой на общественных началах.

За время работы ректором институт превратился в крупный учебно-научный центр, где осуществлялась подготовка и повышение квалификации специалистов по 26-ти специальностям, были построены новые общежития, в Калининградской и Новгородской областях были открыты филиалы института. Подготовлено целое поколение руководителей кафедр, лабораторий и факультетов, организовано несколько крупных научных лабораторий. В этот период в институте был создан новый крупнейший в Ленинграде вычислительный центр, а также современные лаборатории и опытные поля, современные учебные и научные лаборатории.

В Ленинградской и Тюменской областях созданы крупные инженерные базы АПК, испытательный центр для оценки надежности машин в Гатчинском районе и учебно-научный центр по тракторам «Кировец».

В 1975 году Валентин Митрофанович Кряжков становится членом-корреспондентом, а с 1978 года – академиком Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук (ВАСХНИЛ), с 1989 года – заслуженным деятелем науки и техники РСФСР. Как специалиста, обладающего прекрасными организаторскими способностями, в 1978 году его назначают руководителем отделения ВАСХНИЛ по Нечерноземной зоне РСФСР, Вице-президентом ВАСХНИЛ и членом Совета Министров РСФСР, руководителем НТС по технической политике Совета Федерации России.

Для научных исследований по преобразованию Российского Нечерноземья Совет Министров РСФСР выделил необходимое и целевое финансирование. Под руководством В.М. Кряжкова отделением ВАСХНИЛ были внедрены самые высокоэффективные технологии по мелиорации и химизации земель, повышению их плодородия, комплексы машин по обработке земли, заготовке и хранению кормов, ускоренному развитию

животноводства, а также вся необходимая база для всех видов методического и технического обеспечения. Во многих регионах Нечерноземной зоны были созданы авторитетные научные школы.

В последующем, в 1983-1999 гг., В.М. Кряжков – директор Всесоюзного, а затем Всероссийского НИИ механизации сельского хозяйства (ВИМ) и вице-президент ВАСХНИЛ. С 1999-го – генеральный директор научного центра и научно-методического совета по региональному сельхозмашиностроению РАСХН и МСХ РФ.



В.М. Кряжков, 75-летний юбилей

Под руководством и при его непосредственном участии разработаны концепции развития инженерно-технического сервиса тракторов и энергетических средств, транспортно-технологического обслуживания и другие.



В.М. Кряжков, генеральный директор научного центра и научно-методического совета по региональному сельхозмашиностроению МСХ РФ

В.М. Кряжковым создано несколько научных школ: по проблемам надежности и качества машин, автоматизации АПК, системам технологии и машин с новыми ходовыми системами. При непосредственном участии В.М. Кряжкова разрабатывались: Федеральная целевая программа «Техника для продовольствия страны» и «Стратегия развития тракторного и сельхозмашиностроения России», утвержденные Правительством Российской Федерации.

По результатам научной работы опубликовано более 250 печатных работ, в том числе 3 книги и монография «Надежность сельскохозяйственной техники», получено более 20 авторских свидетельств на изобретения.

Вся деятельность Кряжкова Валентина Митрофановича связана с подготовкой высококвалифицированных кадров. Он был прирождённым воспитателем и очень любил работать с молодёжью. Им подготовлены 23 доктора и 37 кандидатов наук, в том числе 5 из зарубежных стран.

Всё это время он не теряет связи с университетом и постоянно оказывает методическую и научную помощь. В 2007 году Валентину Митрофановичу выдан аттестат «Почетный профессор СПбГАУ».



Поздравление В.М. Кряжкова в 2014 году на праздновании 110-летия университета

Долголетняя безупречная работа В.М. Кряжкова высоко оценена государством. Он награждён орденом «Трудового Красного Знамени» (1977 год), орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени (1999 год), медалями «За доблестный труд» (1970 год), «В память 250-летия Ленинграда» (1958 год), «В память 300-летия Санкт-Петербурга» (2003 год), «В память 850-летия Москвы» (1997 год), почетным знаком «30 лет преобразования Нечерноземья России» (2004 год). Он также имеет награды Канады, Франции и Китая.

В.М. Кряжков – участник Великой Отечественной войны. В 1943-1944 годах он служил добровольцем в истребительном батальоне Ново-Оскольского РО Белгородской области.

В.М. Кряжков являлся Академиком Международной инженерной академии, членом Главного мирового научно-инженерного центра «Клуб Болонья», Почетным гражданином штатов Оклахома и Небраска (США), ему было присвоено звание «Почетный машиностроитель России».

Вся жизнь В.М. Кряжкова – прекрасный пример отношения к порученному делу и любви к людям и Родине.

Доктор техн. наук **А.П. Картошкин**  
Доктор техн. наук **В.Я. Сковородин**

## САМУИЛ АБРАМОВИЧ ИОФИНОВ И КАФЕДРА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА»



Кафедра образовалась в 1923 г. в Ленинградском Политехническом институте им. М.И. Калинина и территориально располагалась на ул. Халтурина, дом 5. В начале курс назывался «Моторизованная культура», сокращенно «Мотокультура». Читал этот курс профессор М.Б. Фабрикант. С 1927 года курс стал называться «Машиноиспользование» и была создана соответствующая кафедра, которую возглавил профессор Б.А. Линтварев.

Название кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка» (ЭМТП) и, соответственно, читаемый курс получили в 1939 году после издания академиком Б.С. Свирщевским, выпускником факультета, учебного пособия под таким же названием.

В 1940 году, после перехода Б.А. Линтварева на работу в Москву, заведующим кафедрой был назначен доцент А.И. Целищев. С началом Великой Отечественной войны, в июне 1941 г., А.И. Целищев, как и многие другие сотрудники кафедры, ушёл добровольцем в Народное Ополчение и с войны не вернулся.

После окончания войны, в ноябре 1945 года, кафедра возобновила свою деятельность. Возглавил её, будучи ещё в Армии, С.А. Иофинов, в то время кандидат технических наук, в дальнейшем – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, действительный член Академии аграрного образования РФ. По учебнику С.А. Иофинова «Эксплуатация машинно-тракторного парка» студенты изучают эту дисциплину.

С.А. Иофинов родился 30 января (по старому стилю) 1909 года в городе Витебске, в семье мелкого служащего страхового общества. Окончив школу первой ступени, поступил в 1921 году в Витебский кооперативный техникум на отделение сельскохозяйственной кооперации. После окончания техникума в 1926 году был направлен для работы в Оршанский Окружной сельскохозяйственный союз, где проработал инспектором с.-х. кооперации до 1929 года. В 1929 году в связи с переездом родителей и всей семьи в Ленинград поступил работать в Ленинградский Областной льноводческий союз в качестве областного инструктора льноводной кооперации, участвовал в создании кооперативных объединений, в испытаниях первых советских льнотеребилок, создании льнозаводов в нынешних Псковской и Новгородской областях.

В 1936 году С.А. Иофинов окончил институт ЛИМЭСХ, получив квалификацию инженера-механика сельского хозяйства. И с тех пор вся его трудовая деятельность связана с этим институтом, впоследствии факультетом ЛСХИ и СПбГАУ. Как отличник учебы он был оставлен в аспирантуре института, но не на кафедре сельскохозяйственных машин, по которой выполнил дипломный проект (приема не было), а на кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка (ЭМТП), по которой аспирантура только создавалась (был всего один аспирант). Закончив диссертационную работу в 1939 году, в январе 1940 года защитил диссертацию, был утвержден в ученой степени кандидата технических наук и избран на должность доцента по кафедре ЭМТП.

С началом Великой Отечественной войны С.А. Иофинов вместе с другими преподавателями института вступил в Армию народного ополчения и с 5 июля 1941 года был мобилизован в ряды действующей Красной Армии. В дальнейшем всю войну служил на Ленинградском фронте – сначала в Автотранспортной бригаде на Ладожской ледовой трассе («Дороге жизни»), а затем – в Автомобильном управлении Ленинградского фронта. В боях при снятии блокады Ленинграда был уполномоченным Автомобильного управления в оперативной группе тыла Левого крыла Ленинградского фронта: Новгород – Тарту.

С сентября 1945 года С.А. Иофинову было разрешено, находясь в Армии, по совместительству приступить к работе в институте, и он был зачислен исполняющим обязанности заведующего кафедрой ЭМТП ЛИМСХ. Началась кропотливая работа по созданию технических лабораторий кафедры на своей базе (Халтурина, 5). В 1954 году был направлен в докторантуру института на кафедре ЭМТП, в июне 1957 года, уже в совете ЛСХИ, защитил докторскую диссертацию. В апреле 1959 года С.А. Иофинова утвердили в ученой степени доктора технических наук, а в октябре 1959 года – в ученом звании профессора по кафедре ЭМТП. В конце 1968 года при кафедре (совместно с кафедрой СХМ) была создана проблемная лаборатория по автоматизации управления и контролю работы мобильных сельскохозяйственных агрегатов.



Коллектив кафедры ЭМТП, 1984 г.

В августе 1971 года С.А. Иофинову было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР».

С.А. Иофинов почти 35 лет руководил кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка. Всего за прошедший период под его руководством успешно защитили кандидатские и докторские диссертации более 80 учеников. В 1979 году по возрасту он был освобожден от заведования кафедрой, продолжил работать профессором, а в дальнейшем профессором – консультантом по кафедре, избран академиком Академии аграрного образования и членом Петровской академии наук и искусств.





Коллектив кафедры ЭМТП, 2003 г.

Верхний ряд (слева направо): Зуев Юрий Алексеевич, Бабенко Эдуард Петрович, Муравьев Константин Евгеньевич, Перцев Сергей Николаевич. Нижний ряд: Агеев Леонид Иванович, Иофинов Самуил Абрамович, Скробач Владимир Федорович, Онучина Александра Алексеевна

С.А. Иофинов сформировал научную школу по эксплуатации машинно-тракторного парка. Широко известны его научные и учебно-методические работы. Его книги являются одними из основных учебников и учебных пособий по курсу «Эксплуатация машинно-тракторного парка», по этой дисциплине им написаны (единолично и в соавторстве) 15 учебников, учебных пособий и методических указаний.

По дисциплине «Механизация и электрификация сельского хозяйства» для школ массовой квалификации и техникумов, а затем для агрономических и зооинженерных специальностей вузов выпущены в разные годы учебники, написанные С.А. Иофиновым в составе коллективов авторов института. Более десятка из них переведены на языки народов СССР и иностранные языки. Общий объем выпущенных в переводе 19 изданий свыше 800 печатных листов. По эксплуатации автомобилей в сельском хозяйстве написано (в соавторстве) и выпущено 6 монографий. Всего издано книг (единолично и в соавторстве) общим объемом свыше 1000 печатных листов.

С.А. Иофинов сформировал научную школу, связанную с автоматизацией режимов работы мобильных сельскохозяйственных агрегатов, их кинематикой, системой приборов и механизацией учета и контроля работы агрегатов в полевых условиях. Разработанные приборы и автоматические устройства неоднократно демонстрировались на ВДНХ и международных выставках, за что он был награжден 8 медалями и двумя Почетными грамотами ВДНХ. Активный изобретатель – им получено 42 авторских свидетельства и патента на изобретение, имел звание «Изобретатель СССР», написано свыше 500 научных печатных трудов.

По профилю своей деятельности Самуил Абрамович принимал обязательное участие во всех совещаниях, семинарах и заседаниях различного уровня. А также выезжал на испытания техники в различные регионы Советского Союза.



Первое Всесоюзное совещание в ГОСНИТИ научных сотрудников научно-исследовательских и учебных институтов и специалистов по ремонту и эксплуатации тракторов и сельхозмашин (Москва, 23 марта 1954 г.)



На опытных полях Кубанского НИИТИМ, 1962 г.



На совещании секции механизации Методического Совета Главного управления высшего и среднего специального образования Министерства сельского хозяйства СССР (Минск, 31 октября 1980 г.)



Всесоюзный семинар заведующих кафедрами по эксплуатации машинно-тракторного парка (Челябинск, май 1982 г.)

Самуил Абрамович был прекрасным оратором, обладал всеми навыками педагогического мастерства. Был членом трёх диссертационных советов по защите кандидатских и докторских диссертаций.



С.А. Иофинов читает лекцию студентам 4 курса факультета механизации сельского хозяйства по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка»



В президиуме Международной научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава Ленинградского СХИ (Бабенко Э.П., Иофинов С.А., Аллилуев В.А., Алдохин П.А.), Ленинград, 1986 г.



Самуил Абрамович знакомит иностранных аспирантов с одной из разработок (указатель загрузки тракторов) кафедры ЭМТП ЛСХИ

До последних дней жизни профессор С.А. Иофинов сохранил активную работоспособность – готовил новый учебник для высшей школы страны, консультировал аспирантов и докторантов.

За боевые и трудовые заслуги награжден 4 орденами и 14 медалями.

Творческий жизненный путь С.А. Иофинова закончился 8 сентября 2002 г.

Кандидат техн. наук **К.Е. Муравьев**

**ПАМЯТИ ВИКТОРА НИКИФОРОВИЧА ЕФИМОВА**  
(к 90-летию со дня рождения)



Петербургский почвовед-агрохимик, заслуженный деятель науки РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, действительный член (академик) Российской академии сельскохозяйственных наук, автор работ по химии и плодородию торфяных и дерново-подзолистых почв России В.Н. Ефимов родился 5 августа 1929 года в г. Малая Вишера Новгородской области в рабочей семье. Отец Никифор Григорьевич Ефимов (1892 г. рождения) – рабочий, мать Параскева Ивановна Ефимова (1890 г. рождения) – домохозяйка. В семье было 7 детей. Когда началась Великая Отечественная война, ему было 12 лет, вся семья попала в 2-годичную немецкую оккупацию. После освобождения Малой Вишеры, находясь в прифронтовой зоне Волховского фронта, он познал всю тяжесть прифронтовых работ.

Окончив среднюю школу в 1948 году, Виктор Никифорович поехал в Ленинград для получения высшего образования. Он поступил на агрономический факультет ЛСХИ, который окончил с отличием в 1953 г. и получил

специальность ученого агронома-агрохимика-почвовода. Все годы В.Н. Ефимов учился на отлично и получал Сталинскую стипендию. Уже с первого курса учебы в институте стал заниматься научной работой. Стипендии не хватало на жизнь, и учебу приходилось совмещать с работой в вечернюю смену на мебельной фабрике.

Комсомольская и партийная организации принимали активное участие во всей жизни института. Виктор Никифорович был избран в состав комитета комсомола и возглавлял спортивный сектор. В это время вблизи Федоровского городка студенты строили стадион с футбольным полем, беговыми дорожками, волейбольной и баскетбольной площадками и секторами для прыжков, а он был ответственным от комитета комсомола за строительство стадиона. Состоялись первые соревнования по легкой атлетике, где В.Н. Ефимов стал чемпионом ЛСХИ в беге на 100 метров и прыжкам в длину с разбега. В этом же году его включили в состав сборной вузов г. Ленинграда по бегу на сто метров и прыжкам в длину, где он участвовал во многих соревнованиях на первенство Ленинграда.

После окончания ЛСХИ работал в составе почвенных экспедиций практически во всех почвенно-климатических зонах бывшего СССР. Вся его дальнейшая 48-летняя трудовая деятельность, за исключением работы в Сирии по обследованию почв в долине реки Евфрат (1965-1967 гг.) в качестве научного консультанта почвенно-агрохимического отдела научного центра по земледелию, прошла в СПбГАУ.

С 1953 по 1971 год В.Н. Ефимов работает ассистентом, а затем доцентом кафедры почвоведения, а в 1971 году он перешел на кафедру агрохимии в качестве заведующего и в этой должности проработал вплоть до июня 2004 года, то есть почти 33 года.

Виктор Никифорович в 1963 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук на тему: «Формы аккумуляции и миграции веществ в

торфяных почвах», а в 1973 году защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук на тему: «Аккумуляция и миграции веществ в торфяных почвах».

Ещё в конце 50-х годов прошлого века по инициативе Л.Н. Александровой, учеником которой был В.Н. Ефимов, на кафедре почвоведения появилось новое направление – исследование органогенных почв. Впоследствии это направление он и возглавил.

Руководя кафедрой агрохимии с 1971 года, В.Н. Ефимову со временем удалось создать мощную научную школу в области агрохимии органогенных почв, исследования которой впоследствии получили мировое признание. В научном арсенале кафедры агрохимии были также исследования фундаментальных и прикладных проблем в области агрохимии, почвоведения и агроэкологии. Это:

- плодородие и деградация дерново-подзолистых и осушенных торфяных почв при их антропогенном воздействии и меры предотвращения деградации;
- разработка теории трансформации азотистых соединений в освоенных торфяных почвах в зональном аспекте на основе исследований с  $^{15}\text{N}$  и баланс азота удобрений в системе удобрение – торфяные почвы – растение. Подобного размаха исследований в широтном аспекте, проведенном по единой методике, не было ни в одной стране мира, да и не могло быть, потому что только бывший Советский Союз, а теперь Россия обладает таким большим широтным диапазоном распространения торфяных почв. Это позволило провести исследования от Мурманской области до Полесья Украины. В результате исследований получена закономерность накопления минеральных форм азота в почве в зависимости от широты местности, от суммы активных температур ( $\Sigma t$ ) под различными культурами. Выявлены цифровые показатели скорости минерализационных процессов и их связь с дозами азотных удобрений и содержанием протеина в растениях. На основе  $^{15}\text{N}$  исследованы все статьи баланса и коэффициент использования азота удобрения и азота торфяной почвы сельскохозяйственными растениями.

В Ленинградской и Новгородской областях выборочно были проведены исследования с  $^{15}\text{N}$  по ингибированию процессов нитрификации. Этот прием на 10-12% увеличивал коэффициент использования азота удобрений за счет снижения газообразных потерь.

Исследования также проводили и по следующим направлениям:

- изучение взаимосвязи гумусированности почв и качества гумуса с эффективностью азотных удобрений, меченных  $^{15}\text{N}$ , на дерново-подзолистых почвах;
- трансформация соединений фосфора удобрений в дерново-подзолистых и торфяных почвах с использованием  $^{32}\text{P}$ ;
- исследование азотного, фосфатного и калийного режимов почв Нечерноземной зоны и эффективности удобрений.

При руководстве В.Н. Ефимова была восстановлена радиобиологическая лаборатория, сотрудники которой проводили исследования радионуклидов в системе удобрение – почва – растение. Ряд опытов в этом направлении проводили на торфяных почвах Новозыбковского района Брянской области с радиоактивностью от 40 и более Ки/км<sup>2</sup>, что являлось следствием Чернобыльской аварии. Получены данные по трансформации соединений целого ряда радионуклидов в торфяных почвах и величины их перехода в сельскохозяйственные растения. Были исследованы и пути снижения поступления радионуклидов в растения. В последнее десятилетие научное внимание кафедры было сосредоточено на изучении трансформации соединений тяжелых металлов в системе удобрение – почва – растение. Исследовались и всевозможные пути, снижающие подвижность тяжелых металлов в почвах, что уменьшает их поступление в растения.

Большое внимание в исследованиях кафедры под руководством В.Н. Ефимова было уделено направлению использования отходов различных видов промышленности в качестве удобрений. Здесь были достигнуты значительные успехи и даны практические рекомендации по использованию ОСВ (осадки сточных вод), белкозина, активного ила Сяського и

Архангельского ЦБК, а также некоторых фосфорсодержащих отходов военной химической промышленности.

Исследования по перечисленным направлениям внесли определенный вклад в развитие современной фундаментальной и прикладной агрохимии.

Почему же стали возможны столь масштабные исследования на кафедре агрохимии и агроэкологии? Безусловно, сыграло свою роль благоприятное для науки время. Однако нельзя не отдать должное организаторским способностям В.Н. Ефимова, его упорству в достижении цели, его чутью в подборе кадров. Его умение создать определенный научный вольтаж в необходимом направлении и заинтересовать при этом людей. Он всегда доверял людям, верил в них, но одновременно был очень требователен как к себе, так и к сотрудникам. Был бескомпромиссен к тем сотрудникам, от которых могла исходить научная фальшь, лень и безразличие к научным данным. Такие люди беспощадно отчислялись из аспирантур и докторантуры.

В конце 70-х годов была создана хорошая учебно-научная база, построен вегетационный домик, вегетационный сетчатый павильон, опытное поле в 13 га было занято опытами полностью.

Таким образом, в 80-90-е годы В.Н. Ефимов создает на кафедре мощный, насчитывающий около 40 человек, научно-педагогический коллектив: это 10 преподавателей, 4 научных сотрудника РБЛ, 15 сотрудников по хозяйственным темам и 10 аспирантов и соискателей. Была создана дееспособная научная школа с большими (12 хозяйственных) финансовыми возможностями. Благодаря этим возможностям, а также широким творческим контактам преподаватели и сотрудники кафедры могли принимать участие в конференциях любого уровня по всей стране, а в некоторых случаях и за рубежом.

Были установлены творческие контакты и проводились совместные исследования с учеными ВИУА, НИИУКФ, Московским университетом, Московской ГСХА, институтом почвоведения и фотосинтеза РАН, научными опытными станциями, а также с учеными Чехии, Украины, Белоруссии.

В разные годы под руководством В.Н. Ефимова на кафедре работали доктора наук: Донских И.Н., Царенко В.П., Осипов А.И., Дричко В.Ф., Воробейков Г.А., Трусова Л.А., Волкова Е.; кандидаты наук: Сеницын Г.И., Павлова Т.К., Иванова А.И., Захаров А.А., Волкова М.П., Горлова М.А., Корнилова Л.И., Лунина Н.Ф., Паникарова Т.Н., Ефремова М.А., Васяев Г.В., Алексеев Ю.В., Калиниченко В.Г., Уткин А.Н. и другие.

Результаты исследований сотрудников кафедры внедрялись во многих хозяйствах Ленинградской области. Особенно успешно внедрение шло по системе удобрения и применения микроэлементов.

По результатам фундаментальных исследований (питательных режимов торфяных почв) было получено 2 гранта РФФИ (на научную группу В.Н. Ефимов, В.П. Царенко, Л.И. Корнилова, Н.Ф. Лунина) в периоды 1995-1997 и 1999-2001 гг., а также по работам в области радиобиологии (группа В.Ф. Дричко, Т.Н. Паникарова, М.А. Ефремова).

Руководя кафедрой агрохимии и агроэкологии, В.Н. Ефимов вел большую работу по аттестации научно-педагогических кадров. В течение 15 лет он работал в качестве эксперта ВАК СССР. В течение 20 лет являлся председателем кандидатского и докторского диссертационных советов по агрохимии, почвоведению и физиологии растений при Санкт-Петербургском государственном аграрном университете, а затем и председателем докторского диссертационного совета по агрохимии, почвоведению и луговодству и кормопроизводству. Многие годы был членом докторского совета по почвоведению при МГУ.

За 33 года руководства кафедрой В.Н. Ефимов сумел создать самые добрые отношения между сотрудниками кафедр агрохимии и почвоведения. Им была создана научная школа в области агрохимии и почвоведения. С 1971 по 2005 год на кафедре под его



научным руководством было подготовлено 65 кандидатов и 12 докторов наук, в том числе 12 кандидатов наук из Чехии, Сирии, Египта, Пакистана, Индии, Гвинеи, Ирака.

В.Н. Ефимов вел также большую общественную работу: член Международного общества почвоведов; член Президиума Центрального совета Докучаевского общества почвоведов при РАН и председатель его Санкт-Петербургского отделения; член Президиума Северо-Западного научного центра РАСХН; член редколлегии журнала «Агрохимия»; главный редактор сборника научных трудов СПбГАУ «Гумус и почвообразование». Он является автором более 300 научных работ, в том числе 4 монографий, 2-х изданий учебника.

Его научные достижения были по достоинству оценены – в 1988 году он был избран член-корреспондентом ВАСХНИЛ, а в 1990-м – действительным членом (академиком) Российской Академии сельскохозяйственных наук.

За заслуги в области высшего образования СССР В.Н. Ефимов награжден в 1987 году нагрудным знаком «За отличные успехи в работе». В 1997 году награжден нагрудным знаком «Почетный работник высшей школы РФ». В 1999 году за заслуги в области науки удостоен государственной награды «Заслуженный деятель науки РФ».

В 1988 году В.Н. Ефимову присуждена премия академика В.Р. Вильямса за монографию «Торфяные почвы и их плодородие» (1986 г., Агропромиздат), а в 1998 году – премия имени Д.Н. Прянишникова за цикл работ по проблеме: «Азотный режим почв Нечерноземной зоны России».

Низко склоняя головы перед В.Н. Ефимовым, отдавая дань его огромным заслугам перед агрохимией и почвоведением, мы, его коллеги, ученики, друзья и последователи, будем долго помнить о Викторе Никифоровиче как о Человеке, Патриоте и Учителе.

Доктор с.-х. наук, профессор **В.П. Царенко**  
Кандидат с.-х. наук, доцент **Н.Ф. Лунина**

С. 11

**К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ  
И БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВИДА ПЕЛАРГОНИЯ ЗОНАЛЬНАЯ  
(*Pelargonium X hortorum Bailey*)**

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Г.С. ОСИПОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: prof.osipova@mail.ru)

Аспирант **Ю.М. САМБУРОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: konsnanta-1@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: пеларгония, сорт; классификация, биологические и морфологические признаки*

Культура пеларгонии зональной поражает огромным разнообразием окрасок, размерами и формой цветка, красочностью листьев и высоко ценится как в декоративном садоводстве, так и как горшечная культура.

В статье рассмотрены морфологические и биологические показатели пеларгонии зональной (*P. x hortorum Bailey*) коллекции СПбГАУ, состоящей из 50 сортов и гибридов. Уточняется классификация представителей этого вида по ряду декоративных и морфологических признаков, таких как: количество лепестков, чашелистиков, степени махровости, наличие генеративных органов. Выделены различия по форме цветка: розоцветные, тюльпановидные, гвоздикоцветковые, звёздчатые и кактусовидные.

Важным показателем является окраска цветка, выделено 8 групп по этому показателю, по размеру лепестка определены 2 основные группы, а по размеру цветка – 3: крупные, стандарт и миниатюрные.

Габитус растения имеет большое значение в селекции и в практическом использовании. Сорта и гибриды подразделяются на 5 групп: стандартные, диконы, карликовые, миниатюрные и микроминиатюрные.

Отличительным признаком сортов и гибридов пеларгонии зональной является окраска листьев (6 групп) и зональность окраски (3 группы). Форма листа (4 группы) – один из декоративных признаков.

Полученные данные дают возможность сгруппировать изучаемые сорта и гибриды по морфологическим и декоративным признакам. При изучении коллекционных сортов и гибридов пеларгонии зональной отмечена сортовая индивидуальность по ряду признаков, что указывает на перспективность использования их в селекционной работе и практическому использованию. Изучение существующего сортимента пеларгонии зональной позволяет на его основе создать новый исходный материал для получения высокодекоративных, отвечающих требованиям современного экологического цветоводства, конкурентно способных гибридов.

Р. 11

**TO THE QUESTION OF THE STUDYING METHOD OF MORPHOLOGICAL AND  
BIOLOGICAL FEATURES OF PELARGONIA ZONAL VARIETY (*Pelargonium x hortorum Bailey*)**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor **G.S. OSIPOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: prof.osipova@mail.ru)

Postgraduate Student **Yu.M. SAMBUROVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: konsnanta-1@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Petersburgskoye shosse, 2

*Keywords: pelargonium, variety, classification, biological and morphological character*

The zonal pelargonium culture impresses with a huge variety of colors, the size and shape of the flower, the colorfulness of the leaves, and is highly valued both in decorative gardening and in pottery.

The article discusses the morphological and biological indicators of pelargonium of the zonal (*P. x hortrum* Bailey) collection of St. Petersburg State University of Economics, consisting of 50 varieties and hybrids. The classification of representatives of this species is clarified by a number of decorative and morphological characters, such as: the number of petals, sepals, the degree of terry, the presence of generative organs. Differences in the shape of the flower are highlighted: rosaceous, tulip-shaped, carnation-flowered, stellate and cactus-like.

An important indicator is the color of the flower, 8 groups are identified by this indicator, 2 main groups are identified by the size of the petal, and 3 by the size of the flower: large, standard and miniature.

The habitus of the plant is of great importance in breeding and in practical use. Varieties and hybrids are divided into 5 groups: standard, dicons, dwarf, miniature and microminiature.

A distinctive feature of zonal pelargonium varieties and hybrids is leaf color (6 groups) and zoning color (3 groups). Leaf shape (4 groups) is one of the decorative features.

The data obtained make it possible to group the studied varieties and hybrids according to morphological and decorative characters. In the study of collection varieties and hybrids of zonal pelargonium, varietal individuality was noted for a number of characteristics, which indicates the prospect of using them in breeding work and practical use. Studying the existing assortment of zonal pelargonium makes it possible to create a new source material for obtaining highly decorative, competitive hybrids that meet the requirements of modern ecological floriculture.

C. 17

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Кандидат сельскохозяйственных наук **А.Г. ОРЛОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: yanevich-2@mail.ru)

Ассистент **О.Г. РАПИНА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: red9027@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: люпин белый, сорта, период вегетации, элементы продуктивности, урожайность*

Белый люпин имеет ряд преимуществ перед другими зернобобовыми культурами: значительный потенциал урожайности; высокое прикрепление бобов (потерь при уборки урожая практически нет); высокое содержание белка (до 50%) не только в зерне, но и в зеленой массе; бобы при созревании не растрескиваются, семена не осыпаются; корневая система отличается повышенным коэффициентом азотфиксации и благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями люпин способен накапливать в почве до 200 кг азота на 1 га; усваивает трудно растворимые фосфаты из почвы; стоимость семян люпина на мировом рынке в 2 раза ниже стоимости сои; не требует тепловой обработки при скормливании скоту. Поэтому продвижение посевов люпина белого в новые сельскохозяйственные регионы может быть осуществлено посредством интродукции высокопродуктивных и скороспелых сортов. С этой целью проведена сравнительная оценка продуктивности различных сортов люпина белого (Гамма, Дега и Деснянский) в условиях

Ленинградской области на опытном поле кафедры растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ в 2017 г. В результате исследований определена продолжительность вегетации каждого сорта, выявлен самый скороспелый из изучаемых сортов люпина белого – сорт–стандарт Гамма, вегетационный период составил 123 дня. В сравнении с ним люпин с. Деснянский увеличил вегетацию на 8 дней, а посевы с. Дега – на 13. Сумма активных температур для люпина с. Гамма st. от всходов до образования блестящих бобов составила 2070<sup>0</sup>С, что на 15<sup>0</sup>С меньше, чем у растений с. Деснянский, и на 38<sup>0</sup>С – с. Дега. Одинаковая урожайность зерна была получена на посевах люпина белого сортов Деснянский и Дега и составила 4,8-4,9 т/га. Достоверная прибавка к сорту–стандарту Гамма составила 0,4 т/га при НСР<sub>05</sub> 0,1. На основании проведенных исследований для возделывания в условиях Ленинградской области можно рекомендовать люпин белый сорта Гамма как более скороспелый. Сорта люпина Дега и Деснянский – как более продуктивные, но обязательным приемом при их возделывании проводить десикации посевов в фазу блестящих бобов.

P. 17

### COMPARATIVE PRODUCTIVITY OF VARIOUS VARIETIES OF LUPINE WHITE IN THE CONDITIONS OF THE LENINGRAD REGION

Candidate of Agricultural Sciences **A.G. ORLOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: yanevich-2@mail.ru)

Assistant **O.G. RAPINA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: red9027@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: white lupine, varieties, growing season, productivity elements, yield*

White lupine has several advantages over other leguminous crops: significant yield potential; high attachment of beans (there are practically no losses during harvesting); high protein content (up to 50%) not only in grain, but also in green mass; beans do not crack during ripening, seeds do not crumble; the root system is characterized by an increased coefficient of nitrogen fixation and due to symbiosis with nodule bacteria, lupine is able to accumulate in the soil up to 200 kg of nitrogen per 1 ha; assimilates hardly soluble phosphates from the soil; the cost of lupine seeds on the world market is 2 times lower than the cost of soy; does not require heat treatment when feeding livestock. Therefore, the promotion of white lupine crops in new agricultural regions can be carried out through the introduction of highly productive and early ripening varieties. For this purpose, a comparative assessment of the productivity of various varieties of white lupine (Gamma, Dega and Desnyansky) in the Leningrad region on the experimental field of the Department of Plant Production named after I.A. Stebut at the University in 2017. As a result of the studies, the vegetation period of each variety was determined, the earliest of the studied varieties of white lupine standard Gamma was identified, growing season was 123 days. In comparison with it, lupine Desnyansky increased vegetation period by 8 days, and lupine Dega by 13 days. The sum of the active temperatures for lupine Gamma from seedlings to the formation of shiny beans amounted to 2070 <sup>0</sup>C, which is 15 <sup>0</sup>C less than in plants with Desnyansky and 38<sup>0</sup> C with Dega. Similar grain yield was obtained on the crops of white lupine of Desnyansky and Dega varieties, and amounted to 4.8-4.9 t / ha. A reliable increase to the Gamma standard was 0.4 t / ha with SSD<sub>05</sub> 0,1. Based on the studies, for cultivation in the conditions of the Leningrad Region, it is possible to recommend white lupine Gamma variety, as more precocious. Varieties of lupine Degas and Desnyansky are supposed to be more productive, but obligatory when cultivating them, carry out desiccation of crops in the phase of shiny beans.

С. 22

**ВЛИЯНИЕ ПЛОЩАДИ ПИТАНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЦИКОРНОГО САЛАТА ЭНДИВИЯ ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ ПОСАДКИ**

Заведующая лабораторией Т.А. ЛАВРИЩЕВА

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: ta.lavrishcheva@yandex.ru) 196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское ш., д. 2

*Ключевые слова: эндивий, схема посадки, площадь питания, сухое вещество, сахара, аскорбиновая кислота, нитраты*

В плёночных теплицах на 4 сортах салата цикорного: Frisse grosse pommat seule, Миледи, Весенний и Ред Болл изучалось влияние различных схем размещения растений (20x15, 20x20 и 20x30 см) на биохимический состав растений при разных сроках посадки. В результате исследований было выявлено, что сорта эндивия по-разному реагировали на изменение площади питания и сроков выращивания. В весеннем обороте наибольшее накопление сахаров наблюдалось у растений при схеме посадки 20x20 см, а наименьшее – в вариантах со схемой посадки 20x15 см. В осеннем обороте закономерности, выявленные ранее, не подтвердились. Накопление сахаров растениями осеннего оборота имело среднюю корреляционную связь с содержанием в растениях сухого вещества ( $r=0.59$ ). Наибольшее количество сахаров было выявлено в растениях с максимальным накоплением сухого вещества и не зависело от площади питания. Наибольшее накопление аскорбиновой кислоты в растениях весеннего оборота было обнаружено при схеме посадки 20x30 см. В осеннем обороте подобная закономерность была выявлена только у сортов Frisse grosse pommat seule и Миледи. У растений сортов Весенний и Ред Болл максимальное накопление аскорбиновой кислоты было обнаружено в варианте со схемой посадки 20x15 см. Наибольшее накопление нитратов в растениях весеннего оборота наблюдалось в варианте со схемой посадки 20x20 см, а наименьшее – в варианте 20x15 см. Содержание нитратов в растениях, выращенных в осеннем обороте, в 3,9-11,5 раза превышало их концентрацию в растениях аналогичных вариантов весеннего оборота.

Р. 22

**THE EFFECT OF THE NUTRITION ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF ENDIVE LETTUCE AT DIFFERENT PLANTING PERIODS**

Head of Laboratory Т.А. LAVRISHCHEVA

(Federal state budget educational institution of higher professional education «Saint-Petersburg state agrarian University», e-mail: ta.lavrishcheva@yandex.ru) 196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Petersburg sh., 2

*Keywords: endive, planting scheme, nutrition area, dry matter, sugars, ascorbic acid, nitrates*

In the greenhouses on 4 varieties of lettuce cycoria: Frisse grosse pommat seule, Milady, Vesenny and Red Ball the effect of different schemes of plant placement (20x15, 20x20 and 20x30 cm) on the biochemical composition of plants at different planting periods was studied. As a result of studies, it was revealed that endive varieties reacted differently to changes in the area of nutrition and growing time. In the spring crop rotation, the greatest accumulation of sugars was observed in plants with a planting scheme of 20x20 cm, and the smallest-in variants with a planting scheme of 20x15 cm. In the autumn crop rotation patterns identified earlier were not confirmed. The accumulation of sugars by plants of autumn crop rotation had an average correlation with the content of dry matter in plants ( $r=0.59$ ). The greatest amount of sugars was found in plants with the maximum accumulation of dry matter and did not depend on the area of nutrition. The greatest accumulation of ascorbic acid in the plants of the spring crop rotation was found in the planting scheme of 20x30 cm. in the autumn crop rotation, a similar pattern was revealed only in the

varieties Frisse grosse pomat seule and Milady. The maximum accumulation of ascorbic acid in the plants of Vesenny and Red Ball varieties was found in the variant with a planting scheme of 20x15. The greatest accumulation of nitrates in plants of spring rotation was observed in the variant with the planting scheme of 20x20 cm, and the smallest-in the variant of 20x15 cm. the content of nitrates In plants grown in autumn rotation was 3.9-11.5 times higher than their concentration in plants of similar variants of spring crop rotation.

C. 27

### ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЯБЛОНИ К РЯБИНОВОЙ МОЛИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Младший научный сотрудник **А.В. ШЛЯВАС**

(Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова», e-mail: ann2668@yandex.ru)

Кандидат биологических наук **Л.В. ЕРМОЛАЕВА**

(Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова», e-mail: ermolaeva.larisavir@yandex.ru)

190000, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42–44

*Ключевые слова: рябиновая моль, *Argyresthia conjugella*, яблоня, *Malus*, устойчивость, сорт*

В статье рассмотрены вопросы вредоносности рябиновой моли на яблоне и причины возрастания ее вредоносности в условиях Северо-Западного региона России. Приведены биологические и экологические особенности вида *Argyresthia conjugella* Zell. Исследовательская работа проведена на коллекции генетических ресурсов яблони научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». За последние 11 лет наблюдалось три эпизоотии рябиновой моли в условиях Северо-Запада России: в 2007, 2015, 2018 гг. В эти годы была изучена устойчивость к рябиновой моли 274 сортообразцов яблони. Предварительно разработана методика оценки устойчивости к вредителю. Использована следующая шкала: 0 баллов – повреждения отсутствуют; 1 балл – единичные ходы (повреждено менее 10% мякоти яблока); 2 балла – извилистые ходы идут вглубь плодов (повреждено 25% мякоти); 3 балла – многочисленные ходы в разных направлениях (до 50%); 4 балла – ходы пронизывают более 50% мякоти плода, из червоточин выступают мелкие прозрачные капли, постепенно подсыхающие. К устойчивым относили образцы, поврежденность которых не превышала 1 балл, среднеустойчивым – не выше 2 баллов, остальные – неустойчивые. Из факторов устойчивости к рябиновой моли особый интерес представляет антиксеноз (не предпочитаемость устойчивых форм насекомыми при выборе ими растений для заселения, питания, откладки яиц и развития). При изучении устойчивости яблони к рябиновой моли установлено, что практически антиксеноз отмечается очень редко, на отдельных сортообразцах. Выделено и рекомендовано для практического использования 10 высокоустойчивых сортов: Пайдесское Зимнее, Вкусное, Лобо, Гибрид Штараса № 404, Антонис, Прогресс, Ренет Благородный, Пыльтсамаасское Зимнее, Кийр, А-2.

P. 27

### INVESTIGATION OF APPLE RESISTANCE TO APPLE FRUIT MOTH AT THE NORTH-WEST OF RUSSIA

Junior Researcher **A.V. SHLYAVAS**

(N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, e-mail: ann2668@yandex.ru)

Candidate of Biological Sciences **L.V. ERMOLAEVA**

(N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, e-mail: ermolaeva.larisavir@yandex.ru)

190000, Russian Federation, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya ul., 42–44

**Keywords:** *apple fruit moth, Argyresthia conjugella, apple, Malus, resistance, variety*

The article is dedicated to the questions of the apple fruit moth (*Argyresthia conjugella* Zell.) harmfulness and the increase of its negative impact at the North-West region of Russia. The biological and ecological features of the *Argyresthia conjugella* Zell are given.

The research work was conducted on the collection of apple genetic resources from the scientific and production base "Pushkin and Pavlovsk Laboratories VIR". Three epizootics of the apple fruit moth have been observed in North-West Russia over the past eleven years: 2007, 2015, 2018. During these years, the resistance to the pest was studied for the 274 varieties. Preliminary methodology for assessing pest resistance has been developed. The following scale was used: 0 points - no damage; 1 point - single moves (less than 10% of apple pulp is damaged); 2 points - winding passages go deep into the fruit (25% of the pulp is damaged); 3 points - numerous moves in different directions (up to 50%); 4 points - passages penetrate more than 50% of the pulp of the fetus, small transparent drops are seen from the wormholes, gradually drying out. The highly-resistant samples were those which damage did not exceed 1 point, medium-resistant - not more than 2 points, the rest – were unstable. Among the factors of resistance to the apple fruit moth antixenosis is the most interest (insects do not prefer forms when choosing plants for settling, feeding, egg laying and development). It has been established that at the studying of the apple resistance to the apple fruit moth antixenosis, practically, is observed very rarely, on individual varieties only. Ten highly-resistant varieties have been identified and recommended for practical use: Paydesskoye Zimneye, Vkusnoye, Lobo, Gibrid Shtarasa #404, Antonis, Progress, Renett Blagorodniy, Pyltsamaasskoye Zimneye, Kiyр, A-2.

C. 32

### **ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА МИКРОМИЦЕТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВЫ**

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **Н.Н. АПАЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Марийский государственный университет», e-mail: араевanina@mail.ru)

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **А.М. ЯМАЛИЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Марийский государственный университет», e-mail: asiayamalieva@mail.ru)

424000, Российская Федерация, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **С.Г. МАНИШКИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Марийский институт переподготовки кадров агробизнеса», e-mail: smanishkin@mail.ru)

424005, Российская Федерация, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Медицинская, д. 17

**Ключевые слова:** *органические и минеральные удобрения, птичий помет, гранулированное органическое удобрение, фитосанитарное состояние почвы, почвенные микромицеты, корневые гнили*

В работе представлены результаты исследования влияния гранулированных органических удобрений (ГОУ) из птичьего помета на фитосанитарное состояние почвы. ГОУ вносили в фазе кущения яровой пшеницы. Установили, что микромицетный состав в ризосфере яровой пшеницы изменяется в зависимости от вида удобрений и дозы ГОУ. Типичными для дерново-подзолистой почвы республики Марий Эл считаются грибы *Fusarium culmorum* Sacc., *F. oxysporum* Schl., *F. graminearum* Sch., *F. sporotrichiella* Bilai, *F. heterosporum* Hees, *Drechslera sorokiniana* Sacc., *Alternaria alternata* Fr., *Al. tenuissima* Fr. Они являются возбудителями корневых гнилей зерновых культур. Из числа сапротрофов к типичным представителям можно отнести такие виды, как *Penicillium frequentans* Westl., *P. viridicatum* Westl., *P. funiculosum* Thom, *Aspergillus niger* van Tiegh, *As. clavatus* Desm. *Rhizopus nigricans* Ehr. Очень часто встречается гриб *Mucor piriformis* Fisch. В ризосфере яровой пшеницы произошли существенные изменения в видовом и количественном составе грибов от внесения гранулированных органических удобрений. С увеличением дозы удобрений общее

количество грибов в ризосфере увеличивается, а численность патогенных грибов уменьшается. В почве активируются грибы-антагонисты. Наличие грибов в ризосфере растений влияет на поражение яровой пшеницы корневыми гнилями. Наименьшее поражение растений было в варианте с применением гранулированных органических удобрений 300 кг/га. Распространенность корневых гнилей яровой пшеницы снизилась в 1,6 раза, а развитие – в 1,4 раза. В фазе молочной спелости снижение было в 2,6 раза. Урожайность яровой пшеницы при внесении гранулированных органических удобрений из птичьего помета увеличилась по сравнению с контролем на 1,08 тонны с 1 гектара.

P. 32

### INFLUENCE OF GRANULATED ORGANIC FERTILIZERS ON THE MICROMICETIC COMPOSITION OF THE SOIL

Candidate of Agricultural Sciences **N.N. APAEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Mari State University», e-mail: apaevanina@mail.ru)

Candidate of Agricultural Sciences **A.M. YAMALIEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Mari State University», e-mail: asiayamalieva@mail.ru)

424000, Russian Federation, Mari El Republic, Yoshkar-Ola, Lenin Square, 1

Candidate of Agricultural Sciences **S.G. MANISHKIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Continuing Professional Education  
«Mari Institute for Retraining of Agribusiness Personnel», e-mail: smanishkin@mail.ru)

424005, Russian Federation, Mari El Republic, Yoshkar-Ola, Medical str, 17

**Keywords:** *organic and mineral fertilizers, bird droppings, granular organic fertilizer(GOF), phytosanitary condition of the soil, soil micromycetes, root rot*

The paper presents the results of a study of the effect of granular organic fertilizers (GOF) from bird droppings on the phytosanitary condition of the soil. GOF was introduced in the phase of tillering spring wheat. It was found that the micromycete composition varies depending on the type of fertilizer and the dose of GOF in the rhizosphere of spring wheat. Fungi *Fusarium culmorum* Sacc., *F. oxysporum* Schl., *F. graminearum* Sch., *F. sporotrichiella* Bilai, *F. heterosporum* Hees, *Drechslera sorokiniana* Sacc., *Alternaria alternata* Fr., *A. tenuissima* Fr. are considered typical for sod-podzolic soil of the Mari El Republic. They are the causative agents of root rots of grain crops. Such species as *Penicillium frequentans* Westl., *P. viridicatum* Westl., *P. funiculosum* Thom, *Aspergillus niger* van Tiegh, *As. clavatus* Desm. *Rhizophus nigricans* Ehr can be attributed to typical representatives of saprotrophs. *Mucor piriformis* Fisch fungus is very common. Significant changes occurred in the species and quantitative composition of fungi from the introduction of granular organic fertilizers in the rhizosphere of spring wheat. The total number of fungi increases with increasing doses of fertilizers in the rhizosphere, and the number of pathogenic fungi decreases. Antagonist fungi are activated in the soil. The presence of fungi in the rhizosphere of plants affects the defeat of spring wheat by root rot. The smallest plant damage was in the variant with the use of granular organic fertilizers 300 kg / ha. The prevalence of root rot of spring wheat decreased by 1.6 times, and the development by 1.4 times. The decrease was 2.6 times in the phase of milk ripeness. The productivity of spring wheat increased by 1.08 tons from 1 hectare compared with the control when applying granulated organic fertilizers from bird droppings.



С. 38

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕСВЕРАТРОЛА НА СТИМУЛЯЦИЮ  
И ИНГИБИРОВАНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ  
В СЕМЕНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Кандидат технических наук **П.Е. БАЛАНОВ**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет ИТМО», e-mail: balanov@yandex.ru)

Кандидат технических наук **И.В. СМОТРАЕВА**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет ИТМО», e-mail: irinasmotraeva@yandex.ru)

Аспирант **М.С. АБДУЛЛАЕВА**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет ИТМО», e-mail: m.s.abdullaeva@mail.ru)  
191002, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 9

*Ключевые слова: Ресвератрол, прорастаемость, стимуляция, ингибирование*

Ресвератрол – вещество фенольной природы, относящееся к группе фитоалексинов. Ресвератрол является нативным антибиотиком флоры, который позволяет растениям противостоять различной микрофлоре и паразитам. На текущий момент считается обоснованным его положительное воздействие на здоровье человека по нескольким направлениям: антиоксидантная активность, онкопротекторное действие, увеличение продолжительности жизни.

Представляется интересным вопрос о влиянии ресвератрола на различные функции биологических объектов. В данной работе было исследовано влияние этого вещества на функцию прорастаемости сельскохозяйственных семян.

Основная цель исследования – получить данные по протекторным свойствам ресвератрола в неблагоприятной для прорастания семян среде.

В качестве ингибирующего агента был использован этиловый спирт, который тормозит ростовые процессы, вплоть до полной остановки. В качестве исследуемого материала выступили семена редиса, так как они обладают быстрой всхожестью и не резистентны к содержанию в среде этилового спирта.

Семена помещались в чашку Петри на подложку из фильтровальной бумаги, после чего в пробу добавлялся исследуемый (или контрольный) раствор. Производилась экспозиция в течение 24 часов, после чего производился подсчет проросших семян.

В результате исследований было установлено, что Ресвератрол в определенной концентрации обладает заметным биологически-протекторным действием. Он в некоторой степени нивелирует токсичное действие этилового спирта и позволяет семенам прорасти в большем количестве, чем в контрольных образцах.

Р. 38

**RESEARCH OF RESVERATROL INFLUENCE ON STIMULATION AND INHIBITION OF  
VEGETATION PROCESSES IN SEEDS OF AGRICULTURAL CROPS**

Candidate of Technical Sciences **P.E. BALANOV**

(ITMO University, e-mail: balanov@yandex.ru)

Candidate of Technical Sciences **I.V. SMOTRAEVA**

(ITMO University, e-mail: irinasmotraeva@yandex.ru)

Postgraduate Student **M.S. ABDULLAEVA**

(ITMO University, e-mail: m.s.abdullaeva@mail.ru)

191002, Russian Federation, Saint-Petersburg, Lomonosova str., 9

*Keywords: Resveratrol, germination, stimulation, inhibition*

Resveratrol is a phenolic substance that belongs to the group of phytoalexins. Resveratrol is a native flora antibiotic that allows plants to withstand various microflora and parasites. At present, its positive effect on human health is considered to be justified in several areas: antioxidant activity, cancer protective effect, life expectancy increase.

An interesting question is the effect of resveratrol on various functions of biological objects. In this work, the effect of this substance on the germination function of agricultural seeds was investigated.

The main objective of the study is to obtain data on the protective properties of resveratrol in an environment unfavorable for seed germination.

Ethyl alcohol was used as an inhibiting agent, which inhibits growth processes, up to a complete stop. Radish seeds acted as a test material, since they have a fast germination rate and are not resistant to the content of ethyl alcohol in the medium.

Seeds were placed in a Petri dish on a filter paper substrate, after which the test (or control) solution was added to the sample. The exposure was carried out for 24 hours, after which the germinated seeds were counted.

As a result of studies, it was found that resveratrol in a certain concentration has a noticeable biological protective effect. To some extent, it neutralizes the toxic effect of ethyl alcohol and allows seeds to germinate in larger quantities than in control samples.

C. 43

### **ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ ГУМАТО-САПРОПЕЛЕВОЙ СУСПЕНЗИИ, ПОЛУЧЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ, НА СРОКИ ХРАНЕНИЯ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ**

**Доктор сельскохозяйственных наук А.С. МИТЮКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт озераведения Российской академии наук, e-mail: mitals@yandex.ru)

196105, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, д. 9

**Аспирант Д. НСЕНГУМУРЕМНЫЙ**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», e-mail: nsedanco@yahoo.fr)

**Кандидат технических наук Н.В. БАРАКОВА**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», e-mail: n.barakova@mail.ru)

191002, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 9

*Ключевые слова: ультрадисперсная гумато-сапропелевая суспензия, УДГСС, бактериостатические свойства, послеспиртовая ячменная барда, сроки хранения*

В результате исследований было изучено влияние ультрадисперсных гумато-сапропелевых суспензий (УДГСС), выделенных из озерного сапропеля, на барду. Добавление УДГСС уменьшает количество микроорганизмов в сырой послеспиртовой барде, их концентрация меньше контрольного образца в 1,98 раза во вторые сутки хранения. В последующие сутки количество микроорганизмов особо не различается, возможно, поэтому для уменьшения количества микрофлоры следует вносить УДГСС не только в начале обработки, но и в течение последующего хранения. Обработка УДГСС сухой послеспиртовой барды значительно снижает содержание микроорганизмов по сравнению с контрольным необработанным образцом, приводит к снижению кислотного числа и жира в сухой барде. Эти показатели снижаются на 33%, что обусловлено ингибирующим эффектом гумато-сапропелевых суспензий на липазный комплекс ферментов. Обработка сухой послеспиртовой барды суспензией позволила повысить количество водорастворимого белка в обработанной барде, который увеличился на 23%. Массовая доля влаги в период исследования в обработанном образце повысилась на 27%, в необработанном – на 38%. В обоих случаях содержание влаги соответствует стандартному

показателю для сухой барды. Хранение барды в течение 12 месяцев показало, что при длительном сроке хранения хотя и происходит повышение количества микроорганизмов, но показатели КОЕ в 3,5 раза ниже в обработанной барде, чем в необработанной.

Полученные результаты дают основание рекомендовать использование ультрадисперсных гумато-сапропелевых суспензий в консервации послеспиртовой барды для уменьшения риска контаминации барды микроорганизмами.

P. 43

#### **EFFECT OF ULTRAFINE HUMATE-SAPROPEL SUSPENSION OBTAINED BY ULTRASONIC CAVITATION, ON THE SHELF LIFE OF POST-ALCOHOL BARD**

Doctor of Agricultural Sciences **A.S. MITYUKOV**

(Institute of Limnology of Russian Academy of Sciences, e-mail: mitals@yandex.ru)

196105, Russian Federation, Saint-Petersburg, Sevastyanov str., 9

Postgraduate Student **D. NSENGUMUREMYI**

(ITMO University, e-mail: nsedanco@yahoo.fr)

Candidate of Technical Sciences **N.V. BARAKOVA**

(ITMO University, e-mail: n.barakova@mail.ru)

191002, Russian Federation, Saint-Petersburg, Lomonosova str., 9

*Keywords: ultrafine humate-sapropel suspension, UDGSS, bacteriostatic properties, post-alcohol barley, bard, shelf life*

As a result of the research, the effect of ultrafine humate-sapropel suspensions (UDGSS) isolated from lake sapropel on Bard was studied. The addition of UDGSS reduces the number of microorganisms in the crude post-alcohol bard, their concentration is less than the control sample by 1.98 times on the second day of storage. The next day the number of microorganisms is not particularly different, it is possible, therefore, to reduce the number of microflora should be of UGGSS not only at the beginning of processing, but also during subsequent storage. Treatment of UDGSS dry post-alcohol bard significantly reduces the content of microorganisms compared to the control untreated sample, leads to a decrease in the acid number and fat in the dry bard. These indicators are reduced by 33%, due to the inhibitory effect of humate-sapropel suspensions on the lipase complex of enzymes. Treatment of dry post-alcohol bard with suspension allowed to increase the amount of water-soluble protein in the treated bard, which increased by 23%. The mass fraction of moisture during the study period in the treated sample increased by 27%, in the untreated-38%. In both cases, the moisture content corresponds to the standard indicator for dry Bard. Storage of Bard for 12 months showed that with a long shelf life, although there is an increase in the number of microorganisms, but CFU indicators are 3.5 times lower in the treated Bard than in the untreated one.

The obtained results give grounds to recommend the use of ultrafine humate-sapropel suspensions in the preservation of post-alcohol bard to reduce the risk of contamination of bard by microorganism.

C. 50

#### **ВЗАИМОСВЯЗЬ АЛЛЕЛЕЙ ГРУПП КРОВИ С РЯДОМ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ У КОРОВ**

Кандидат сельскохозяйственных наук **Р.В. ПАДЕРИНА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Вятская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: paderinar@mail.ru)

Кандидат сельскохозяйственных наук **А.В. КОВРОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Вятская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: lesha123-123@mail.ru)

610017, Российская Федерация, г. Киров, Октябрьский проспект, д. 133

Кандидат сельскохозяйственных наук **Н.Д. ВИНОГРАДОВА**  
 (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
 «Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины»,  
 e-mail: n\_vinogradova35@mail.ru)  
 196084, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5

*Ключевые слова: черно-пестрая порода, феногруппы аллелей групп крови, рост и развитие, молочная продуктивность*

Проведен анализ исследований групп крови маточного поголовья коров черно-пестрой породы в племрепродукторе ООО «Андреевское» Уржумского района Кировской области, проведенных в лаборатории иммуногенетики ОАО «Кировплем».

Животные были поделены на группы в зависимости от наличия или отсутствия в крови 2-х феногрупп: G2Y2E'2Q' и B2O1B'1.

В исследованиях установлено, что наибольшее количество животных с феногруппой G2Y2E'2Q' отмечается среди коров 2-й, 3-й, 4-й лактаций – 28,9-34,8%, а с феногруппой B2O1B'1 – среди коров 1-й и 3-й лактации (21,5-17,6%). При сравнении показателей роста и развития животных достоверная разница была отмечена по возрасту первого осеменения – животных с наличием феногруппы B2O1B'1 осеменяли в среднем на 0,7 месяца раньше, чем животных с наличием феногруппы G2Y2E'2Q'.

При сравнении показателей удоя выявлено, что животные, имеющие сочетание антигенов B2O1B'1 как по удою за 1-ю лактацию, так и по средней продуктивности, достоверно превосходят животных с 1-й феногруппой.

Таким образом, можно предположить, что наличие у коров черно-пестрой породы феногруппы B2O1B'1 является возможным маркером увеличения молочной продуктивности (удоя).

P. 50

#### INTERRELATION OF ALLELES OF BLOOD TYPES WITH A NUMBER OF THE ECONOMIC AND USEFUL SIGNS AT COWS

Candidate of Agricultural Sciences **R.V. PADERINA**  
 (Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Vyatskaya State  
 Agricultural Academy», e-mail: paderinar@mail.ru)

Candidate of Agricultural Sciences **A.V. KOVROV**  
 (Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Vyatskaya State  
 Agricultural Academy», e-mail: lesha123-123@mail.ru)

610017, Russian Federation, Kirov, Oktyabrsky Prospect, 133  
 Candidate of Agricultural Sciences **N.D. VINOGRADOVA**  
 (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Academy of  
 Veterinary Medicine», e-mail: n\_vinogradova35@mail.ru)  
 196084, Russian Federation, Saint-Petersburg, Chernihivskaya str., 5

*Keywords: black and motley breed, phenogroups of alleles of blood types, body height and development, dairy productivity*

The analysis of studies of blood groups of the uterine livestock of black and white cows was carried out in the pedigree breeder “Andreevskoye” LLC in the Urzhumsky District of the Kirov Region, conducted in the immunogenetics laboratory «Kirovplem» OJSC.

Animals were divided into groups depending on existence or absence in blood of 2 phenogroups: G2Y2E'2Q' and B2O1B'1.

In research work it is established that the greatest number of animals with the G2Y2E'2Q' phenogroup is noted among cows of the 2nd, 3rd, 4th lactations – 28.9-34.8%, and with B2O1B'1 phenogroup – among cows of the 1st and 3rd lactation (21.5-17.6%). When comparing indexes of body

height and development of animals the reliable difference was noted on an age of the first insemination – animals with presence of B2O1B'1 phenogroup were inseminated on average for 0.7 months earlier, than animals with presence of the G2Y2E'2Q phenogroup.

When comparing the milk yield indices, it was found that animals with a combination of B2O1B'1 antigens both in milk yield per 1 lactation and in average productivity significantly exceed animals with the 1st phenogroup.

Thus, it can be assumed that the presence of the black-and-white breed of the B2O1B'1 phenogroup in cows is a possible marker of an increase in milk productivity (milk yield).

С. 55

### **ГЕМАТО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ АНИМИКС АЛЬФА**

Кандидат сельскохозяйственных наук **О.А. ВАГАПОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет», e-mail: o.a.vag@mail.ru)

Аспирант **Т.Ю. ШВЕЧИХИНА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет», e-mail: tatyana\_shvechihina@mail.ru)  
457100, Российская Федерация, Челябинская обл., г. Троицк, ул. Гагарина, д. 13

*Ключевые слова: гемато-биохимические показатели, кормовая добавка, кровь, эритроциты, гемоглобин*

Для увеличения молочной продуктивности, обеспечения населения полноценными и качественными продуктами питания используют различные кормовые добавки, которые способствуют улучшению биохимических, иммунологических, гематологических и продуктивных показателей животных, а также удешевляют производство единицы продукции. При обогащении рациона кормовыми добавками необходимо контролировать физиологическое состояние животного. При этом гематологические показатели являются наиболее достоверными. Проведены исследования по определению физиологического состояния коров при использовании кормовой добавки Анимикс Альфа. Установлено, что исследуемые гематологические показатели крови находились в пределах физиологической нормы, однако у животных, получавших кормовую добавку в количестве 150 г на голову в сутки, они оказались наилучшими. Содержание сухого вещества в крови животных данной группы повысилось до  $11,40 \pm 0,01\%$ , белка – до  $8,1 \pm 0,01\%$ , альбуминов – до  $38,66 \pm 1,4\%$ ,  $\beta$ -глобулинов – до  $19,96 \pm 1,4\%$ ,  $\gamma$ -глобулинов – до  $34,28 \pm 2,4\%$ . Наблюдалось повышение количества глюкозы (в пределах нормы) до  $2,98 \pm 0,007$  ммоль/л. Содержание каротина в крови коров этой группы было на уровне  $0,54 \pm 0,008$  мг%, а уровень резервной щелочности –  $60,47 \pm 2,6$  об.%CO<sub>2</sub>. Содержание гемоглобина у животных данной группы увеличилось до  $99,10 \pm 4,7$  г/л, а эритроцитов – до  $6,51 \pm 0,09 \times 10^{12}$ . В результате исследования можно сделать вывод, что использование в рационах коров кормовой добавки Анимикс Альфа в количестве 150 г на голову в сутки позволило стимулировать ферментативную систему и обмен веществ в организме, что, в свою очередь, привело к улучшению гематологических показателей.

Р. 55

### **HEMATO-BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLACK-AND-WHITE COWS BREED WHEN USING FODDER ADDITIVES ANIMIX ALPHA**

Candidate of Agricultural Sciences **O.A. VAGAPOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South Ural State Agrarian University», e-mail: o.a.vag@mail.ru)

Postgraduate Student T.U. **SHVECHIKHINA**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«South Ural State Agrarian University», e-mail: tatyana\_shvechihina@mail.ru)  
457100, Russian Federation, Chelyabinsk region, Troitsk, Gagarin, 13

*Keywords: hemato-biochemical parameters, fodder additives, blood, erythrocytes, hemoglobin*

To increase milk productivity, provide the population with full and high-quality food products, various fodder additives are used, which contribute to the improvement of biochemical, immunological, hematological and productive indicators of animals, as well as reduce the cost of production per unit. When enriching the diet with fodder additives, it is necessary to control the physiological state of the animal. In this case, hematological indicators are the most reliable. Studies have been conducted to determine the physiological state of cows using the fodder additive Animix Alpha. According to the results of the study, it was found that the studied blood hematological parameters were within the physiological norm, however, among animals that received a feed supplement in the amount of 150 g per head per day, they turned out to be the best. The dry matter content in the blood of animals of this group increased – to  $11,40 \pm 0,01\%$ , protein to  $8,1 \pm 0,01\%$ , albumin – to  $38,66 \pm 1,4\%$ ,  $\beta$ -globulin – to  $19,96 \pm 1,4\%$ ,  $\gamma$ -globulins up – to  $34,28 \pm 2,4\%$ . There was an increase in the amount of glucose (within normal limits) to  $2,98 \pm 0,007$  mmol/l. The carotene content in the blood of cows of this group was at the level of  $0,54 \pm 0,008$  mg%, and the level of reserve alkalinity was  $60,47 \pm 2,6$  vol.%CO<sub>2</sub>. The hemoglobin content in animals of this group increased to  $99,10 \pm 4,7$  g/l, and erythrocytes - to  $6,51 \pm 0,09 \times 10^{12}$ . As a result of the study, it can be concluded that the use of the fodder additive Animix Alpha in the diets of cows 150 g per head per day, allowed to stimulate the enzymatic system and metabolism in the body, which in turn led to an improvement in hematological parameters.

C. 60

#### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ РАЗЛИЧИЙ ГОЛШТИНСКИХ КОРОВ В СТАДАХ МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И ИНДЕКСОМ ФИКСАЦИИ С. РАЙТА**

Кандидат биологических наук **М.Г. СМАРАГДОВ**

(Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Научный Центр Животноводства-ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ВНИИГРЖ),  
e-mail: mik7252@yandex.ru)

196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а

*Ключевые слова: индекс фиксации, главные компоненты, SNP, молочный скот, стадо*

За последнее десятилетие в мировой практике изучения генетических различий между популяциями и породами животных широко используют метод индекса фиксации С. Райта (Fst) и метод главных компонент (PCA). Однако в настоящее время не изучена статистическая мощность обоих методов, и поэтому неизвестно, какой из этих методов является приоритетным. Для решения этой задачи были отобраны 372 голштинизированные черно-пестрые коровы из 6 племенных заводов Ленинградской области. Они были генотипированы чипом BovineSNP50. В результате коррекции SNP маркеров из 54000 SNP осталось 48101. Вычисление значений Fst осуществили программой Eigensoft 6.0. В результате были получены значения Fst для 30 комбинаций из 6 стад в интервале от 0.002 до 0.012. Наибольшие значения Fst получены для стада 4 и наименьшие для стада 3. Различия между стадами обусловлены закреплением быков-производителей из разных стран. При использовании метода PCA было показано, что получение достоверных результатов невозможно, если использовать данные для отдельных собственных векторов (PC). Только при суммировании данных от нескольких PC можно адекватно оценить генетические различия между коровами в стадах. Оптимальным решением задачи является использование всех PC, обеспечивающих полную изменчивость (вариансу) генетических различий сравниваемых коров в стадах. Сравнение достоверности и статистической мощности обоих методов показало, что метод Fst дает более

достоверные результаты по сравнению с методом PCA. Таким образом, именно он должен быть использован в начале исследований по выявлению генетических различий между стадами, популяциями и породами сельскохозяйственных животных.

P. 60

### **COMPARATIVE EVALUATION OF THE GENETIC DIFFERENCES OF HOLSTEIN COWS IN HERDS BY THE METHOD OF PRINCIPAL COMPONENTS AND C. WRIGHT'S FIXATION INDEX**

Candidate of Biological Sciences **M.G. SMARAGDOV**

(Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding-branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, e-mail: mik7252@yandex.ru)

196625, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Tyarlevo, Moskovskoe sh., 55a

*Keywords: fixation index, principal components, SNP, dairy cattle, herd*

Over the past decade, in the world practice of studying genetic differences between animal populations and breeds, S. Wright's fixation index method (Fst) and principal component analysis (PCA) are widely used. However, at present, the statistical power of both methods has not been studied, and therefore it is not known which of these methods has a priority. To solve this problem, 372 Holsteineezied Black and White cows from 6 breeding plants of the Leningrad Region were selected. They were genotyped with a BovineSNP50 chip. As a result of the correction of SNP markers, 48101 remained out of 54000 SNPs. The calculation of the Fst values was carried out by EIGENSOFT 6.0.1 As a result, Fst values were obtained for 30 combinations of 6 herds in the range from 0.002 to 0.012. The highest Fst values were obtained for herd 4 and the smallest for herd 3. The differences between the herds are due to using of bulls from different countries. When using the PCA method, it was shown that obtaining reliable results is impossible if using data for particular eigenvectors (PC). Only by summing up data from several PCs, it is possible to adequately assess the genetic differences between cows in herds. The optimal solution to the problem is the use of all PCs providing complete variability (variance) of the genetic differences of the compared cows in the herds. Comparison of the significance and statistical power of both methods showed that the Fst method gives more significant results compared to the PCA method. Thus, it should be used at the beginning of research to identify genetic differences between herds, populations and breeds of farm animals.

C. 65

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ КОРОВ КАК ФАКТОР УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА**

Доктор сельскохозяйственных наук **С.Л. САФРОНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины»,

e-mail: safronovsl@list.ru)

196084, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, 5

Кандидат экономических наук **О.А. ДАВЫДОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет», e-mail: oa\_davydova@mail.ru)

454001, Российская Федерация, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129

**Ключевые слова:** *крупный рогатый скот, корова, молочная продуктивность, возраст, долголетие, эффективность, рентабельность*

Продолжительность продуктивного использования коровы в стаде влияет на прибыльность молочного производства, снижает затраты на обновление стада и увеличивает количество лактаций высокопродуктивных животных, позволяет лучше организовать и провести селекционную работу со стадом, повысить эффективность ведения отрасли скотоводства. В связи с этим в селекционной работе со стадом необходимо учитывать продолжительность использования коров и создавать условия для ее оптимизации.

Проведенный анализ молочной продуктивности коров в племенных репродукторах ООО «Передольское» и ОАО «Ермолинское» показал, что в стадах этих хозяйств проводится селекция на долголетие коров как одного из хозяйственно-полезных признаков. В обоих предприятиях продолжительность долголетия коров составляет более 8 отелов. С увеличением возраста уровень молочной продуктивности повышается до 5-6 лактации с последующим ее уменьшением.

Длительный период продуктивного использования коров в стаде позволяет увеличить валовое производство молока. Так, в ОАО «Ермолинское» получено больше молока на 47,3% при сравнительно невысоком среднем удое (5664,1 кг), составляющем 78,2% от уровня продуктивности коров в стаде ООО «Передольское». За весь период продуктивного использования в ОАО «Ермолинское» от коров можно получить дополнительно в расчете на 1 гол. до 9,9% молока при сохранении уровня продуктивности коров и увеличении их долголетия на 1-2 отела.

В структуре себестоимости производства молока основные затраты составляют корма (54 и 53%) и оплата труда с отчислениями (15 и 12%), что является типичным для большинства животноводческих предприятий Новгородской области.

Оптимизация срока продуктивного долголетия коров в стаде позволяет уменьшить себестоимость производства молока на 506,2 и 195,2 тыс. руб., получить дополнительную прибыль от его реализации – 17,6 и 35,4 тыс. руб., а также обеспечить рентабельность производства продукции на уровне 8,4 и 37,7%.

P. 65

## **OPTIMIZATION OF PRODUCTIVE LONGEVITY OF COWS AS A FACTOR IN MILK PRODUCTION INCREASING**

Doctor of Agricultural Sciences **S.L. SAFRONOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine», e-mail: safronovsl@list.ru)

196084, Russian Federation, Saint-Petersburg, Chernigovskaya, 5

Candidate of Economics Sciences **O.A. DAVYDOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Chelyabinsk State University»  
454001, Russian Federation, Chelyabinsk, Kashirin Brothers str., 129

**Keywords:** *cattle, cow, milk productivity, age, lactation, longevity, efficiency, profitability*

The duration of productive use of cows in the herd affects the profitability of dairy production, reduces the cost of updating the herd and increases the number of lactations of highly productive animals, allows you to better organize and conduct breeding work with the herd, improve the efficiency of the cattle industry. In this regard, in breeding work with the herd it is necessary to take into account the duration of use of cows and create conditions for its optimization.

The analysis of dairy productivity of cows in breeding reproducers of Ltd. «Peredolskoye» and OJSC «Ermolinskoye» showed that in herds of these farms selection on longevity of cows as one of economic and useful signs is carried out. In both enterprises, the longevity of cows is more than 8 calves. With increasing age, the level of milk productivity increases to 5-6 lactation, followed by its decrease.

A long period of productive use of cows in the herd allows to increase the gross milk production. Thus, «Ermolinskoye» received more milk by 47.3% at a relatively low average milk yield (5664.1 kg),



which is 78.2% of the level of productivity of cows in the herd of «Peredolskoye». For the entire period of productive use in «Ermolinskoye» from cows can be obtained additionally per 1 head up to 9.9% of milk while maintaining the level of productivity of cows and increasing their longevity by 1-2 calving.

In the structure of the cost of milk production, the main costs are feed (54 and 53%) and wages with deductions (15 and 12%), which is typical for most livestock enterprises of the Novgorod region.

Optimization of the term of productive longevity of cows in the herd allows to reduce the cost of milk production by 506.2 and 195.2 thousand rubles, to get additional profit from its sale by 17.6 and 35.4 thousand rubles, as well as to ensure profitability of production at the level of 8.4 and 37.7%.

C. 71

### МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА КОРОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Кандидат сельскохозяйственных наук **А.В. САНГАНАЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: asyvs@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Статистик **Т.В. СКЛЯРСКАЯ**

(Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения  
«Кожно-венерологический диспансер №9», e-mail: fire\_horse@list.ru)  
195256, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Софьи Ковалевской, д.10, к.1

*Ключевые слова: крупный рогатый скот, корова, молочная продуктивность, воспроизводительные качества, возраст, долголетие*

Сравнительный анализ молочной продуктивности коров разного возраста и долголетия показал, что наибольший удой был получен от коров-первотелок – 5656,4 кг и с увеличением возраста особей он уменьшался от 1-й к 5-й лактации на 4,9; 2,3; 3,6 и 2,4%. Полновозрастные коровы в возрасте 6-й лактации и старше по удою незначительно уступали коровам 2-й и 3-й лактации на 0,7 и 0,4% ( $P < 0,001$ ). Отмечена тенденция уменьшения удоя на 3,8-12,7% с увеличением продолжительности продуктивного использования коров. По содержанию жира и белка в молоке от коров с разным долголетием значительных изменений не установлено. Выход молочного жира и белка, а также коэффициент молочности уменьшались при увеличении продолжительности использования коров на 3,7-12,4% ( $P < 0,01$ ). Величина коэффициента молочности у коров разного возраста изменялась в зависимости от величины удоя и составляла от 893,1 (4-я лактация) до 1028,2 кг (1-я лактация).

Организация воспроизводства стада в молочном скотоводстве является важным элементом технологии производства молока и оказывает существенное влияние на продуктивность коров. Максимальный сервис-период наблюдали у коров после первого отела (158,7 сут.), что на 16,1% больше, чем после второго отела, после третьего – на 22,3%, после четвертого отела – на 14,0%, после пятого – на 8,4%. После шестого отела и старше величина признака увеличилась по сравнению с данными за пятый отел на 56,8%. Минимальное значение признака отмечено у коров с продолжительным долголетием (старше шести отелов) – 90,6 сут., что связано со стабилизацией молочной продуктивности коров и постепенным ее уменьшением вследствие старения организма.

Продолжительность сухостойного периода у особей всех возрастных групп соответствовала физиологической норме от 45 (4-я лактация) до 57,7 сут. (5-я лактация). Максимальная продолжительность периода отмечена в группе коров с продуктивным долголетием до пятого отела включительно – 58 сут., а минимальная – у коров в возрасте до четырех отелов.

У коров разного возраста в исследуемом стаде межотельный период составил 359,5 (4-я лактация) – 409,1 сут. (1-я лактация). Максимальный уровень молочной продуктивности у коров в возрасте до трех отелов способствовал удлинению у них межотельного периода на 16,5 сут., или 4,5% ( $P < 0,01$ ). Живая масса коров увеличивалась от 1-й к 4-й лактации на 6,5%, 2,8% и 3,7%, что обусловлено закономерностями роста и развития особей и достижения ими физиологической

зрелости. От 4-й к 5-й лактации живая масса уменьшилась на 2,5% ( $P<0,01$ ) с последующим ее увеличением на 1,3% ( $P<0,001$ ).

В селекционной работе со стадом необходимо учитывать комплекс хозяйственно-полезных признаков.

P. 71

### **MILK PRODUCTIVITY AND COWS REPRODUCTIVE QUALITIES OF DIFFERENT AGES**

Candidate of Agricultural Sciences **A.V. SANGANAEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: asyvs@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Statistician **T.V. SKLYARSKAYA**

(SPSBHI «Skin-venereological clinic № 9», e-mail: fire\_horse@list.ru)

195256, Russian Federation, Saint-Petersburg, Sofya Kovalevskaya str., 10, k. 1

*Keywords: cattle, cow, milk productivity, reproductive qualities, age, longevity*

Comparative analysis of cows milk productivity of different ages and longevity showed that the highest yield was obtained from cows-first-calf 5656,4 kg and with increasing age of individuals it decreased from 1st to 5st lactation by 4,9; 2,3; 3,6 and 2,4%. Full-aged cows aged of 6-th lactation and older yield slightly inferior cows 2st and 3st lactation by 0.7 and 0.4% ( $P<0.001$ ). There was a tendency to decrease milk yield by 3.8-12.7% with an increase in the duration of productive use of cows. The content of fat and protein in milk from cows with different longevity significant changes have not been established. The yield of milk fat and protein, as well as the coefficient of milk content decreased with an increase in the duration of use of cows by 3.7-12.4% ( $P<0.01$ ). The value of the coefficient of milk yield in cows of different ages varied depending on the value of milk yield and ranged from 893.1 (4st lactation) to 1028.2 kg (1st lactation).

The organization of herd reproduction in dairy cattle breeding is an important element of milk production technology and has a significant impact on the productivity of cows. The maximum service period was observed in cows after 1st calving (158.7 days), which is 16.1% more than after the second calving, after the third-by 22.3%, after the fourth calving – by 14.0%, after the fifth-by 8.4%. After the sixth calving and older, the value of the trait increased compared to the data for the fifth calving by 56.8%. The minimum value of the sign was observed in cows with a long period of their productive use (older than six calves) - 90.6 days, which is associated with the stabilization of dairy productivity of cows and its gradual decrease due to aging.

The duration of the dry period in females of all age groups corresponded to the physiological norm from 45 (4st lactation) to 57.7 days (5st lactation). The maximum duration of the period was observed in the group of cows with productive longevity up to the fifth calving inclusive – 58 days, and the minimum is in cows under the age of four calves.

In cows of different ages in the studied herd, the interbody period was 359.5 (4st lactation) – 409.1 days (1st lactation). The maximum level of milk productivity in cows under the age of three calves contributed to the lengthening of their interbody period by 16.5 days, or 4.5% ( $P<0.01$ ). Live weight of cows increased from the first to the fourth lactation by 6.5%, 2.8% and 3.7%, which is due to the laws of growth and development of individuals and their achievement of physiological maturity. From the fourth to the fifth lactation live weight decreased by 2.5% ( $P<0.01$ ), with the following increase by 1.3% ( $P<0.001$ ).

In selection work with a herd it is necessary to consider a complex of economic and useful signs.

С. 79

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ  
КОРОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА И ПРОИСХОЖДЕНИЯ**Старший преподаватель **С.Г. ЗЕРНИНА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: zerro\_svet@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

*Ключевые слова:* крупный рогатый скот, черно-пестрая порода, молочная продуктивность, линия, возраст, долголетие

Увеличение объемов производства молока в стране возможно за счет совершенствования продуктивных качеств коров. Генотип коров и их возраст оказывают существенное влияние на уровень молочной продуктивности.

В связи с тем, что в исследуемом стаде средняя продолжительность использования коров составляет 2,1 отела, а продуктивное долголетие отдельных особей составляет 10 отелов, была выявлена тенденция изменения удоя в зависимости от возраста коров. У большинства особей удой увеличивался от 1-й ко 2-й лактации с последующим его уменьшением на 3,4-50,6%. Длительный период использования коров в стаде обеспечивает увеличение валового производства молока за весь продуктивный период в 1,9 раза. Возраст коров не оказывает существенного влияния на содержание жира и белка в молоке.

Поголовье маток ведущих линий разной селекции и возраста отличается по уровню молочной продуктивности. Так, коровы линий американской селекции сохраняют высокий уровень удоя до 6-й лактации с незначительными колебаниями. Широкое использование голштинской породы в хозяйстве способствовало сокращению поголовья коров черно-пестрой породы голландского происхождения, отличающихся наибольшим долголетием в сложившихся хозяйственных условиях. Полновозрастные коровы линии Роттерда Пауля 36498, имеющие удой 6062,7-7110,8 кг с 4-й по 9-ую лактацию, составляют 4,2% от всего поголовья.

Дочери быков-производителей ведущих линий имеют разный уровень продуктивности, что используется в селекционной работе со стадом. Так, потомки быков Табун 1277 и Доллар 693 линии С.Т. Рокита 252803 имели удой более 7 тыс. кг молока при продуктивном долголетии 1,4-1,8 лактации.

Дочери быков Базилика 8297, Беккера 17014 и Турбана 841 линии М. Чифтейна 95679 имели средний возраст 2,3-2,7 отела, что превышает средний показатель по стаду на 8,7-22,2%. По удою за лактацию они уступают особям других линий на 7,6-16,6%.

Дочери быков Маскарада 181 и Милорда 1246 линии В.А.Б. Лэда 697789 отличались наименьшим долголетием – 1,2 отела, при этом величина удоя у них составила более 8,6 тыс. кг молока.

По содержанию жира и белка в молоке у коров, полученных от быков-производителей всех исследуемых линий, существенных различий между группами не установлено ( $P \leq 0,01$ ).

Необходимо проведение дальнейшей селекционной работы по совершенствованию продуктивности коров с учетом их возраста и происхождения.

Р. 79

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF MILK PRODUCTIVITY  
COWS OF DIFFERENT AGE AND ORIGIN**Senior Lecturer **S.G. ZERNINA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: zerro\_svet@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: cattle, black-and-white breed, dairy productivity, line, age, longevity*

Milk production increase in the country is possible due to the improvement of productive qualities of cows. The genotype of cows and their age have a significant impact on the milk productivity level.

Due to the fact that in the studied herd the average duration of use of cows is 2.1 calving, and the productive longevity of separate individuals is 10 calving, the trend of changing milk yield depending on the age of cows was revealed. Most cows demonstrated milk yield increase from 1st to 2nd lactation, followed by a decrease of 3.4-50.6%. A long period of use of cows in the herd provides an increase in gross milk production for the entire productive period by 1.9 times. The age of cows does not significantly affect the fat and protein content in milk.

The number of Queens of leading lines of different breeding and age differs in the level of milk productivity. Thus, cows of American breeding lines maintain a high level of milk yield until the end of lactation with slight fluctuations. The widespread use of Holstein breed in the economy contributed to the reduction of the number of cows of black-and-white breed of Dutch origin, characterized by the greatest longevity in the current economic conditions. Full-aged cows of the line of Rotterdam Paul 36498, having a yield of 6062,7-7110,8 kg from 4th to 9th lactation, make 4,2% of all livestock.

Daughters of bulls-producers of leading lines have different level of productivity that is used in selection work with herd. So, descendants of bulls Herd 1277 and Dollar 693 lines S. T. Rokita 252803 had milk yield more than 7 thousand kg of milk at productive longevity 1,4-1,8 lactation.

Daughters bulls Basil 8297, Becker 17014 and Turbana 841 lines M. Chifteyna 95679 had the average age 2.3-2.7 calving, that surpasses the average on herd on 8.7-22.2%. In terms of milk yield for lactation, they are inferior to individuals of other lines by 7.6-16.6%.

Daughters bulls Masquerade 181 and my Lord 1246 lines W. A. B. Led 697789 differed the least longevity – 1.2 calving, under this the magnitude of milk yield have them amounted to more 8.6 thousand kg milk.

The content of fat and protein in milk in cows obtained from bulls-producers of all studied lines, significant differences between the groups were not established ( $P \leq 0.01$ ).

It is necessary to carry out further breeding work to improve the productivity of cows, taking into account their age and origin.

C. 86

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КАЧЕСТВО СЫЧУЖНЫХ СЫРОВ ИЗ МОЛОКА КОРОВ РАЗНЫХ ПОРОД**

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор **О.В. ГОРЕЛИК**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский государственный аграрный университет», e-mail: olgao205en@yandex.ru)  
620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Н.А. ФЕДОСЕЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный аграрный заочный университет», e-mail: nfedoseeva0208@yandex.ru)  
143907, Российская Федерация, Московская обл., г. Балашиха, ул. Ш.Энтузиастов, д. 50

Кандидат ветеринарных наук, доцент **И.В. КНЫШ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: ikgau@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: порода, коровы, молоко, переработка, сыр, технология, качество*

В связи с экономической ситуацией в России производство качественных сыров в Уральском регионе является актуальной задачей. При этом крупные перерабатывающие предприятия ориентируются на производство сортов сыра массового потребления, а фермерские хозяйства дают потребителю качественный крафтовый сыр из молока собственного производства. Основными

технологическими операциями при производстве сычужных сыров являются: нормализация молока по жиру и белку; пастеризация смеси; восстановление солей кальция; внесение заквасочных культур; внесение фермента; разрезка сгустка и постановка зерна; промывка зерна; второе вымешивание; формование; самопрессование и прессование сыра; посолка сыра; обсушка сыра; созревание сыра; упаковка и хранение. В КФХ «Никольская слобода» вырабатывается большой ассортимент сычужных сыров, в том числе Гауда. Голландский сыр вырабатывается из коровьего молока. Гауда бывает 50%, 45%, 40% жирности и обезжиренная – 30% жирности. Особенности технологии: данный сыр вырабатывается с промывкой сырного зерна, формование из «пласта». Продолжительность технологических операций и их периодичность, рост кислотности в процессе производства сыра Гауда шел без отклонений. Установлено, что по основным показателям внешнего вида (сенсорным показателям) сыр отвечает требованиям Технического регламента. Однако сыр из молока коров айрширской породы имеет лучшие показатели по консистенции и цвету, что подтверждается балльной оценкой органолептических показателей. Из 100 возможных баллов сыр Гауда из молока коров айрширской породы набрал 95 баллов, из молока коров голштинской породы – 88 баллов. Качество сыров в обоих случаях является хорошим. Соблюдение технологии производства сычужных сыров на базе фермерского хозяйства «Никольская Слобода» позволяет получать качественные крафтовые экзотические сыры. Порода крупного рогатого скота оказывает влияние на качественные показатели готовых продуктов при переработке молока, а именно сыра.

P. 86

#### PRODUCTION TECHNOLOGY AND QUALITY OF RENNET CHEESE FROM COW MILK OF DIFFERENT BREEDS

Doctor of Agricultural Sciences, Professor **O.V. GORELIK**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Urals state agrarian university», e-mail: olgao205en@yandex.ru)  
620075, Russian Federation, Yekaterinburg, ul. K. Liebknecht, 42

Doctor of Agricultural Sciences, Professor **N.A. FEDOSEEVA**  
(FSBEI RGAZU, e-mail: nfedoseeva0208@yandex.ru)  
143907, Russian Federation, Moscow region, Balashikha, ul. Sh. Entuziastov, 50  
Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor **I.V. KNYSH**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: ikgau@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: breed, cows, milk, processing, cheese, technology, quality*

Due to the economic situation in Russia, the production of high-quality cheeses in the Ural region is an urgent task. At the same time, large processing enterprises focus on the production of varieties of cheese of mass consumption, and farms give the consumer a quality craft cheese from milk of their own production. The main technological operations in the production of rennet cheeses are: normalization of milk fat and protein; pasteurization of the mixture; recovery of calcium salts; introduction of starter cultures; introduction of the enzyme; cutting of the bunch, and the production of grain; rinse the grain; the second kneading; molding; selfpressing and pressing cheese; cheese salting;\_cheese drying; cheese ripening; packing and storage.

The farm "Nikolskaya Sloboda" produces a large range of rennet cheeses, including "Gouda". Dutch cheese is made from cow's milk. Gouda is 50%, 45%, 40% fat and fat-free – 30% fat. Technology features: this cheese is produced from washing cheese curd, molding from the "layer". The duration of technological operations and their frequency, the increase in acidity in the production of cheese "Gouda" was without deviation. It is established that the main indicators of appearance (touch indicators) cheese meets the requirements of Technical regulations. However, cheese from the milk of cows of Ayrshire breed has the best performance in consistency and color, which is confirmed by the score of organoleptic indicators. From 100 possible points, cheese "Gouda" from milk of cows of Ayrshire breed scored 95 points, from milk of

cows of Holstein breed – 88 points. The quality of cheeses in both cases is good. Observance of technology of production of rennet cheeses on the basis of a farm "Nikolskaya Sloboda" allows to produce qualitative Kraft exotic cheeses. Breed of cattle has an impact on the quality of finished products in the processing of milk, namely cheese.

C. 93

### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ И ГАЗОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА У ОВЕЦ**

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор **А.Х. ХАЙТОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: khaitov47@mail.ru)

Доктор биологических наук, доцент **У.Ш. ДЖУРАЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: dzuraeva\_59@mail.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: терморегуляция, порода, частота и глубина дыхания, легочная вентиляция, газоэнергетический обмен, потребление кислорода, дыхательный коэффициент*

Опыты по изучению особенностей формирования механизмов терморегуляции и газоэнергетического обмена у молодняка овец при различных условиях содержания проводили в экспериментальном хозяйстве Института животноводства, а также при содержании животных на летних горных пастбищах.

Для опыта от маток первого ягнения гиссарской, таджикской, джайдара каракульской пород и памирских тонкорунных овец было отобрано по 12 голов физически развитых ягнят.

Утром в тени при аналогичных температурах окружающего воздуха на 1,3,5,10,20,30,60,120 и 180 дни жизни у них, наряду с климатическими показателями, исследовались теплопродукция, общий дыхательный газоэнергетический обмен масочным методом Дугласа-Холдена. Легочная вентиляция определялась пропусканием через водяные часы пробы выдыхаемого воздуха, собранного в газовый мешок за 4 минуты.

Наибольшую живую массу при рождении, а также в полугодовалом возрасте имеют ярки гиссарской породы. Таджикские ярочки сохраняли высокую скорость роста лишь до 4-месячного возраста.

У всех пород и групп овец частота дыхания закономерно снижается, а легочная вентиляция и глубина дыхания повышаются с возрастом.

В 6-месячном возрасте, при комфортных температурных условиях на осенних пастбищах породные различия частоты дыхания сглаживаются и отмечаются самые низкие ее величины.

Температура воздуха 26-27<sup>0</sup>С в сочетании с солнечной инсоляцией вызывает значительное нарастание частоты дыхания и легочной вентиляции. Терморегуляционное «полипноэ» более всего выражено у тонкорунных ярочек.

Более редкое глубокое дыхание у гиссарских ярочек, а также сохранение ими высокой скорости роста к 6-месячному возрасту дает основание считать, что они лучше справляются с тепловыми нагрузками.

В 6-месячном возрасте у всех животных наблюдалась минимальная интенсивность газообмена. Наименьшие величины потребления кислорода и теплообразования на единицу живой массы отмечены у ярочек гиссарской породы.

P. 93

### FEATURES OF MECHANISMS FORMATION OF THERMOREGULATION AND GAS-ENERGY EXCHANGE IN THE SHEEP

Doctor of Agricultural Sciences, Professor **A.KH. KHAITOV**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: khaitov47@mail.ru)  
Doctor of Biological Sciences **U.SH. DZURRAEVA**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: dzuraeva\_59@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye sh., 2

*Keywords: thermoregulation, breed, frequency and depth of breathing, pulmonary ventilation, gas-energy exchange, oxygen consumption, respiratory rate*

Experiments on the development of thermoregulation mechanisms and gas-energy exchange in young sheep under different conditions of maintenance were conducted in the experimental farm of the Institute of Livestock, as well as in the maintenance of animals on summer mountain pastures.

For the experiment, 12 heads of physically developed lambs were selected from the queens of the first lambing of the Gissar, Tajik, Jaidar of the Karakul breed and Pamir fine-wooled sheep.

In the morning, in the shade at similar ambient temperatures of 1,3,5,10,20,30,60,120 and 180 days of life, along with climatic indicators, they investigated heat production, the total respiratory gas-energy exchange of Douglas-Holden mask method. Pulmonary ventilation was determined by passing through water hours a sample of exhaled air collected in a gas bag in 4 minutes.

The greatest live mass at birth, as well as at six months of age have bright Gissar breed. Tajik ewe-lambs maintained a high growth rate only until the age of 4 months.

In all breeds and groups of sheep the respiratory rate naturally decreases, and pulmonary ventilation and breathing depth increase with age.

At 6 months of age, under comfortable temperature conditions on autumn pastures, the breed differences in breathing rate are smoothed and the lowest of its values are observed.

The air temperature of 26-27°C in combination with solar insolation causes a significant increase in the frequency of breathing and pulmonary ventilation. Thermoregulatory "polypnoe" is most pronounced in fine-wooled ewe-lambs.

The rarer deep breathing in the Gissar, as well as their continued high growth rate by the age of 6 months gives reason to believe that they cope better with heat loads.

At 6 months of age, all animals had a minimal intensity of gas exchange. The lowest amounts of oxygen consumption and heat formation per unit of live mass are noted in the ewe-lams of the Gissar breed.

C. 100

### ГЕНОФОНДНАЯ ПОПУЛЯЦИЯ РУССКИХ БЕЛЫХ КУР СЕЛЕКЦИИ ВНИИГРЖ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Доктор биологических наук **О.И. СТАНИШЕВСКАЯ**  
(Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»,  
e-mail: olgastan@list.ru)

Кандидат биологических наук **Е.С. ФЕДОРОВА**  
(Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»,  
e-mail: fedorova816@mail.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, 55а

**Ключевые слова:** *сохранение генофонда, русская белая порода кур, эмбрионы кур, аллантоисно-амниотическая жидкость, гипотермический стресс*

Сохранение локальных пород кур, а с ними и генетического разнообразия за счет специфических генов и комплексов генов является одной из важнейших задач в мировом птицеводстве. Обязательным условием надёжного сохранения той или иной генофондной породы сельскохозяйственных птиц является использование её отличительных ценных признаков. В результате проведённых на протяжении 4-х поколений исследований в популяции русских белых кур из коллекции ВНИИГРЖ была доказана эффективность селекции на повышение объёма вакцинного сырья (аллантоисно-амниотической жидкости эмбрионов) для производства вирусных эмбриональных вакцин. Основными критериями отбора кур при формировании гнёзд должны служить: яйценоскость, масса яиц, средний выход экстраэмбриональной жидкости от 3-5 эмбрионов не менее 0,200 мл/г массы яйца. При отборе петухов в гнёзда необходимо учитывать те же показатели их матерей и сестёр. Селекционная работа с популяцией привела к повышению яйценоскости за 4 поколения отбора на 14,6%, массы яиц – на 8,9%. Объём аллантоисно-амниотической жидкости увеличился на 12,1% в абсолютной величине (мл) и на 4,3% – в относительной. Частота встречаемости кур с высоким (более 0,200 мл/г) выходом экстраэмбриональной жидкости увеличилась в среднем на 25,2%. Технологическим приёмом повышения выхода экстраэмбриональной жидкости от кур данной популяции может служить изменение температурного режима инкубации (охлаждение на 6-е сутки при +20°C в течение 6 часов). Подтверждено сохранение особенностей терморегуляции птицы данной популяции в раннем постнатальном периоде – высокие адаптационные способности к пониженной температуре. Эта отличительная способность делает кур русской белой породы селекции ВНИИГРЖ более привлекательной для содержания в условиях фермерских и приусадебных хозяйств, что будет способствовать сохранению породы.

P. 100

#### **GENE POOL POPULATION OF RUSSIAN WHITE CHICKENS SELECTION OF VNIIGRZH BREEDING: PROSPECTS OF USE**

Doctor of Biological Sciences **O.I. STANISHEVSKAYA**

(Russian research institute of farm animal genetics and breeding – branch of the L.K. Ernst Federal science center for animal husbandry, e-mail: olgastan@list.ru)

Candidate of Biological Science **E.S. FEDOROVA**

(Russian research institute of farm animal genetics and breeding – branch of the L.K. Ernst Federal science center for animal husbandry, e-mail: fedorova816@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Moskovskoe shosse, 55A

**Keywords:** *gene pool preservation, Russian white breed of chickens, chicken embryos, allantoic-amniotic fluid, hypothermic stress*

Preservation of local breeds of chickens, and with them the genetic diversity due to specific genes and gene complexes, is one of the most important tasks in the world poultry industry. The use of its distinctive valuable features is a prerequisite for the reliable preservation of a particular gene pool breed of farm birds. As a result for 4 generations of research in the population of Russian white chickens from the collection of VNIIGRZH proved the efficiency of breeding for increased vaccine of raw materials (allantoine-amniotic fluid of embryos) for the production of embryonic viral vaccines. The main criteria for the selection of chickens in the formation of nests should be: egg production, egg mass, average yield of extra-embryonic fluid from 3-5 embryos at least 0.200 ml / g egg weight. When selecting roosters in the nest it must be taken into account the same indicators of their mothers and sisters. Selection work with the population led to an increase in egg production for 4 generations of selection by 14.6%, egg weight – by 8.9%. The volume of allantoin-amniotic fluid increased by 12.1% in absolute value (ml) and 4.3% - in relative. The frequency of occurrence of chickens with high (more than 0.200 ml/g) output of extra-embryonic fluid increased by an average of 25.2%. The technological method of increasing the output of



extra-embryonic fluid from chickens of this population can serve as a change in the temperature regime of incubation (cooling on the 6th day at +20 ° C for 6 hours).

The preservation of the peculiarities of thermoregulation of birds in this population in the early postnatal period – high adaptive capacity to low temperature was confirmed. This distinctive ability makes the chickens of the Russian white of VNIIGRZH selection is more attractive for keeping in the conditions of farms and house hold plots, which will contribute to the preservation of the breed.

C. 105

### **МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ЯИЧНО-МЯСНОГО КРОССА КУР С ПОВЫШЕННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ И ПРИУСАДЕБНЫХ ХОЗЯЙСТВ**

Доктор сельскохозяйственных наук **И.Л. ГАЛЬПЕРН**

(Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных (ВНИИГРЖ) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», e-mail: odormidonova@mail.ru)

Кандидат биологических наук **О.Ю. ПЕРИНЕК**

(Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных (ВНИИГРЖ) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», e-mail: odormidonova@mail.ru)

196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а

*Ключевые слова: генофонд, методы оценки и отбора кур, качества яиц и мяса кур, энергетическая ценность яиц, уровень протеина в мясе бройлеров*

В статье рассматриваются методы оценки различных экономически значимых признаков, необходимых для создания яично-мясного кросса с использованием генофондных пород, разработанных во ВНИИГРЖ еще в период селекции промышленной яичной и мясной птицы в племенных заводах России и апробированные в период 2013 - 2019 гг. при создании мясного кросса «ВНИИГРЖ ФБ 1» для фермерских и приусадебных хозяйств. Перечисляются оцениваемые признаки в порядке значимости мясной линии в породе: живая масса, отражающая скорость ее нарастания; мясные формы телосложения; экстерьерный тип и крепость костяка при разной системе технологии содержания; выход грудных и ножных мышц; конверсия корма на кг прироста и 10 яиц; эмбриональная и постэмбриональная жизнеспособность; воспроизводительные качества и плодовитость; яйценоскость, продолжительность периода продуктивного использования; масса яиц; питательная ценность мяса бройлеров. При создании яичной линии в той же породе – яйценоскость; масса яиц и прочность скорлупы; уровень быстроты нарастания яйцемассы; конверсия корма; пигментация скорлупы яиц; вывод цыплят и сохранность в период продуктивного использования; качественные характеристики яиц, включая их питательную ценность.

Отличительными особенностями линий в породе создаваемых кроссов для фермерских и приусадебных хозяйств должны быть повышенные энергетическая ценность яиц и уровень протеина в мясе.

P. 105

**METHODS FOR CREATION OF EGG-MEAT CROSS CHICKENS  
WITH INCREASED INDICATORS OF BIOTECHNOLOGICAL  
AND FOOD PRODUCTS QUALITY FOR FARMS AND HOUSEHOLDS**

Doctor of Agricultural Sciences **I.L. GALPERN**

(Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding - Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, e-mail: odormidonova@mail.ru)

Candidate of Biological Sciences **O.YU. PERINEK**

(Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding - Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, e-mail: odormidonova@mail.ru)

196625, Russian Federation, Saint-Petersburg, Tyarlevo, Moskovskoe sh., 55a

*Keywords: gene pool, methods of chicken evaluation and selection, the quality of eggs and chicken meat, energy value of eggs, protein level in broiler meat*

The article deals with the methods of evaluation of various traits necessary for the creation of egg and meat cross using gene pool breeds, tested on commodity egg and meat poultry. The estimated features are listed in order of their significance. Meat cross - live weight, reflecting the speed of its growth; meat forms of the body; the exterior type and strength of bones (especially in cage technology); the yield of breast and leg muscles; feed conversion (kg/kg weight gain of chickens and kg per 10 eggs with parent stock); embryonic and post-embryonic viability; reproductive quality and fertility (yield of chickens from laying hen); egg production (maternal form); egg mass; quality (nutritional value) of broiler meat. Egg cross – egg production, weight of eggs and the strength of the shell; the level of rapidity of the rise of weight of all eggs; feed conversion; the pigmentation of the egg shell; the viability of chickens (hatching rates in the period of development of young animals and preservation in productive period); optimization of live weight during the whole life cycle; nonspecific resistance (stress resistance); the quality of eggs, including their nutritional value; the duration of the productive period.

Distinctive features of the crosses created for farms and household plots should be the increased energy value of eggs and the level of protein in meat.

C. 112

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УРОВНЯ БЕЛКА В ЖЕЛТКЕ ЯИЦ  
КАК СЕЛЕКЦИОННОГО ПРИЗНАКА**

Доктор сельскохозяйственных наук **И.И. ПОПОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: spbgau1965@mail.ru),

Старший преподаватель **Ю.В. ШОШИНА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: yd1983@yandex.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: отбор, селекция, желток яиц кур, конверсия корма*

В статье рассматривается возможность использования показателя уровня белка в желтке куриных яиц, имеющего стабильные признаки с возрастом, с конверсией корма у яичных кур. Желток – это дейтоплазма, то есть резервные питательные вещества, которые накапливаются в яйце. В желтке яиц содержится очень много полезных веществ: холин, витамины группы В, А, Д; минералы – К, Са, Mg, S, F, Cl, P, Na; незаменимые аминокислоты, антиоксиданты, холестерин, необходимые для выработки гормонов, например тестостерона; лецитин – антисклеротическое средство, питающее нервную и мозговую ткань; каратиноиды (лютин и зеаксантин), смягчающие развитие катаракты, и

так далее. Липиды желтка представлены целым рядом ненасыщенных жирных кислот (олеиновой, линолевой, линоленовой, арахионовой и другие). Отношение ненасыщенных кислот к насыщенным составляет 7:3, что обуславливает низкую температуру плавления жиров и их высокую усвояемость. Именно поэтому обратили внимание на уровень белка в желтке яйца как на селекционный признак.

Любой признак может быть критерием отбора, если он в достаточной степени стабилен. С возрастом у кур наблюдается непрерывное увеличение массы желтка и уменьшение содержания белка в желтке, и только в 30-34-недельном возрасте наступает определенная стабильность этих признаков.

Опытные группы кур были разделены по содержанию белка в желтке на несколько групп. Кроме того, уже в этих группах были сделаны подгруппы по массе яиц.

В результате исследований получена достоверная положительная корреляция между содержанием белка в желтке яиц и конверсией корма. При увеличении белка в желтке яиц с 14 до 17% затраты корма у этих кур снизятся на 10 яиц – с 1,76 до 1,52 кг, а на 1 кг яйцемассы – с 2,83 до 2,52 кг.

Данный признак можно использовать для предварительной оценки кур по затратам корма.

P. 112

#### THE POSSIBILITY OF USING THE LEVEL OF PROTEIN IN THE EGGS YOLK AS A SELECTION TRAIT

Doctor of Agricultural Sciences **I.I. POPOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: spbgau1965@mail.ru),  
Senior Lecturer **Yu.V. SHOSHINA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: yd1983@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye sh., 2

*Keywords: selection, egg yolk of chickens, feed conversion*

The article considers the possibility of using the indicator of the level of protein in the yolk of chicken eggs, which has stable traits with age, with the conversion of feed in egg chickens. The yolk is the deutoplasm, that is, the reserve nutrients that are accumulated in the egg. The eggs yolk contains many very useful substances: choline, vitamins b, A, D; minerals-K, CA, MD, S, F, Cl, P, Na; essential amino acids, antioxidants, cholesterol, necessary for the production of hormones, such as testosterone; lecithin-antisclerotic agent that nourishes the nervous and brain tissue; caratinoids (lutein and zeaxanthin), mitigating the development of cataracts, and so on. The lipids of the yolk are represented by a number of unsaturated fatty acids (oleic, linoleic, linolenic, arachidonic and others). The ratio of unsaturated to saturated acids is 7: 3, which causes a low melting point of fats and their high digestibility. That is why, attention to the level of protein in the egg yolk, as a selection trait.

Any trait can become a selection criterion if it is sufficiently stable. With age, chickens have a continuous increase in yolk mass and a decrease in the protein content in the yolk, and only at 30-34 weeks of age there is a certain stability of these traits.

The experimental groups of chickens were divided according to the protein content in the yolk into several groups. In addition, subgroups by weight of eggs had already been made.

As a result of studies, a significant positive correlation between the protein content in the yolk of eggs and feed conversion was obtained. With an increase in protein in the eggs yolk from 14 to 17%, the feed costs of these chickens will decrease by 10 eggs – from 1.76 to 1.52 kg, and 1 kg of egg mass – from 2.83 to 2.52 kg.

This trait can be used for preliminary assessment of chickens for feed costs.

С. 116

**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ,  
РАБОТАЮЩИХ ПО СПЕЦИАЛЬНЫМ ЦИКЛАМ**Кандидат технических наук **А.В. ДЕРГАЧЕВ**

(Военно-морской политехнический институт ВУНЦ ВМФ ВМА, e-mail: dergachew.av@rambler.ru)

Адъюнкт **А.С. КАЛИНИН**

(Военно-морской политехнический институт ВУНЦ ВМФ ВМА, e-mail: kalinin2159@mail.ru)

196604, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Кадетский бульвар, д. 1

*Ключевые слова: дизель, газовая смесь, топливо, сгорание, индикаторная диаграмма, способ*

Для повышения мощностных и экономических показателей дизеля авторами рекомендован перевод дизельных двигателей в режим функционирования по специальным циклам. При этом для сжигания топлива в цилиндрах дизеля в качестве рабочего тела используется искусственная газовая смесь, которая по своему составу, физическим и термодинамическим свойствам принципиально отличается от воздуха и оказывает существенное влияние на протекание процессов воспламенения и сгорания топлива. Авторами предложена работа дизеля по полужамкнутому циклу на искусственной газовой смеси с основным инертном – диоксидом углерода. Исследовалось влияние химического состава искусственной газовой смеси на давление сжатия; снижение давления и температуры сжатия на период задержки самовоспламенения; увеличение объемной концентрации кислорода на устойчивость самовоспламенения топлива. Для искусственной газовой смеси кислород-диоксид углерода была определена объемная концентрация кислорода для компенсации уменьшения коэффициента избытка кислорода. Исследования рабочих циклов проводились путём снятия индикаторных диаграмм.

Результаты исследований позволили разработать способ повышения индикаторных и эффективных показателей работы дизеля при его работе по специальному циклу.

Р. 116

**METHODS FOR EFFICIENCY IMPROVING OF DIESELS USE WHEN OPERATING  
ON SPECIAL CYCLES**Candidate of Technical Sciences **A.V. DERGACHEV**

(Naval Polytechnic Institute VUNC MVF VMA, e-mail: dergachew.av@rambler.ru)

Adjunct **A.S. KALININ**

(Naval Polytechnic Institute VUNC MVF VMA, e-mail: kalinin2159@mail.ru)

196604, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Kadetskiy Boulevard, 1

*Keywords: diesel, gas mixture, fuel, combustion, indicator diagram, method*

To increase the power and economic performance of diesel engines, the authors recommend the transfer of diesel engines into operation mode according to special cycles. At the same time, an artificial gas mixture is used as a working medium for burning fuel in diesel cylinders, which in its composition, physical and thermodynamic properties is fundamentally different from air and has a significant effect on the course of ignition and combustion of the fuel. The work of a diesel engine in a semi-closed cycle on an artificial gas mixture with the main inert – carbon dioxide is proposed. The effect of the chemical composition of the artificial gas mixture on the compression pressure was investigated; decrease in pressure and compression temperature for a period of delay of autoignition; increase in volumetric oxygen concentration on the stability of fuel auto-ignition. For an oxygen-carbon dioxide artificial gas mixture, a volumetric oxygen concentration was determined to compensate for a decrease in the oxygen excess coefficient. Research of working cycles was carried out by taking indicator charts.

The research results allowed us to develop a way to increase the indicator and effective indicators of the diesel engine during its work on a special cycle.

С. 123

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРА ГОРЯЧИХ ГАЗОВ С ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАСАДКОЙ

Доктор технических наук **А.В. НЕГОВОРА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», e-mail: negovora\_av@mail.ru)

Кандидат технических наук **Ш.Ф. НИГМАТУЛЛИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», e-mail: shamil.bosch@mail.ru)

Кандидат технических наук **М.М. РАЗЯПОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», e-mail: Mahmut\_23@mail.ru)

Инженер **Р.Ф. САМИКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», e-mail: 89173711415@mail.ru)  
450001, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия октября, д.34

*Ключевые слова: низкие температуры, электрическая энергия, аккумуляторная батарея, термоэлектрический генератор, генератор горячих газов, опыты, наполнитель, температура, направляющая насадка генератора*

В статье рассматриваются вопросы улучшения эксплуатационных показателей автотракторной техники в условиях низких температур путем применения новых источников энергии.

При организации тепловой подготовки автотранспортных средств в холодных климатических условиях в качестве источника тепловой энергии часто используются генераторы горячих газов. Их широкое применение обусловлено высокой тепловой мощностью и безопасностью их применения. При этом выделяющееся в зоне горения тепло расходуется на нагревание топливовоздушной смеси, часть тепловой энергии затрачивается на нагрев направляющей насадки и кожуха. Генератор горячих газов потребляет от 70 до 150 Вт мощности аккумуляторной батареи автомобиля.

Для реализации поставленной цели авторами разработана и собрана установка генератора горячих газов с рекуперацией электрической энергии.

Для снижения потребляемой электроэнергии генератора горячих газов (ГТГ) в конструкцию был внедрен термоэлектрический генератор (ТЭГ) для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Модули были установлены на направляющую насадку генератора горячих газов, контактирующие с теплообменниками воздушной системы охлаждения.

Р. 123

### THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF A HOT GAS GENERATOR WITH A THERMOELECTRIC NOZZLE

Doctor of Technical Sciences **A.V. NEGOVORA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», e-mail: negovora\_av@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences **Sh.F. NIGMATULLIN**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Bashkir State Agrarian University», e-mail: shamil.bosch@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences **M.M. RAZYAPOV**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Bashkir State Agrarian University», e-mail: Mahmut\_23@mail.ru)

Engineer **R.F. SAMIKOV**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Bashkir State Agrarian University», e-mail: 89173711415@mail.ru)  
450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, ul. 50-letiya Oktyabrya, 34

*Keywords: low temperatures, electric energy, storage battery, thermoelectric generator, hot gas generator, experiments, filler, temperature, generator guide nozzle*

The article discusses the issues of improving the operational performance of automotive vehicles at low temperatures through the use of new energy sources.

When organizing the thermal preparation of vehicles in cold climates, hot gas generators are often used as a source of thermal energy. Their widespread use is due to the high thermal power and safety of their use. In this case, the heat released in the combustion zone is spent on heating the air-fuel mixture, part of the thermal energy is spent on heating the guide nozzle and the casing. The hot gas generator consumes from 70 to 150 watts of power car battery.

To achieve this goal, the authors developed and assembled the installation of a hot gas generator with the recovery of electrical energy.

To reduce the power consumption of the hot gas generator (HGG), a thermoelectric generator (TEG) was introduced into the design for direct conversion of thermal energy into electrical energy. The modules were installed on the guide nozzle of the hot gas generator in contact with the heat exchangers of the air cooling system.

C. 128

### **РАСЧЁТНАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СООТНОШЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ГАЗОВ И ПОДАЧИ ВОДЫ В ЧЕТВЁРТОМ ТАКТЕ ДВИГАТЕЛЯ КРОУЭРА**

Кандидат технических наук **Д.С. АГАПОВ**  
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: different76@list.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: ДВС, газовая смесь, подача воды в двигатель*

Одним из путей решения проблемы экономии энергоносителей и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов является разработка и внедрение тепловых двигателей, реализующих альтернативные термодинамические циклы. Одной из таких конструкций является шеститактный двигатель Кроуэра, использующий в качестве рабочего тела парогазовую смесь. Предлагаемая в статье методика позволяет определить массовое и молярное соотношения остаточных газов и воды, впрыскиваемой в цилиндр двигателя, на четвёртом такте шеститактного двигателя Кроуэра, вычислить массовую долю выпускаемых отработавших газов и долю остаточных газов в четвёртом такте цикла двигателя, а также найти расход воды относительно расхода топлива.

Изложенная методика базируется на допущении, что в процессе выпуска отработавших газов из цилиндра ДВС совершается как внешняя работа поршнем по выталкиванию газов, так и работа самого газа по выдавливанию части собственной массы через клапанную щель. Численные значения термодинамических параметров рабочего тела на выпуске, определённые по предлагаемой в данной статье методике, согласованы с расчётными данными классического теплового расчёта. Создана

компьютерная программа, позволяющая производить указанные вычисления в автоматическом режиме.

Предложенный подход к расчёту термодинамических параметров рабочего тела можно использовать в случае, когда термодинамический процесс сопряжён с потерей массы рабочего тела. При этом условия протекания термодинамического процесса выпуска отработавших газов из цилиндра ДВС (теплообмен и совершение механической работы) учитываются через показатель политропы расширения, который должен определяться для каждого конкретного случая в отдельности. Это потребует проведения дополнительных экспериментов.

P. 128

#### **CALCULATION METHOD FOR DETERMINING THE RATIO OF RESIDUAL GASES AND WATER SUPPLY IN THE FOURTH STROKE OF THE CROWER ENGINE**

Candidate of Technical Sciences **D.S. AGAPOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: different76@list.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: internal combustion engine, gas mixture, water supply to the engine*

One of the ways to solve the problem of energy saving and efficient use of fuel and energy resources is the development and implementation of heat engines that implement alternative thermodynamic cycles. One of these designs is the Crower six-stroke engine, which uses a vapor-gas mixture as a working fluid. The technique proposed in the article allows one to determine the mass and molar ratios of residual gases and water injected into the engine cylinder on the fourth stroke of a six-stroke Crower engine, to calculate the mass fraction of exhaust gases and the fraction of residual gases in the fourth cycle of the engine cycle, and also to find the water flow rate relative to fuel consumption.

The described methodology is based on the assumption that in the process of exhaust gas exhaust from the internal combustion engine cylinder, both external work by the piston for ejecting gases and the gas itself extruding part of its own mass through the valve slit are performed. The numerical values of the thermodynamic parameters of the working fluid at the outlet determined by the method proposed in this article are consistent with the calculated data of the classical thermal calculation. Based on the materials of the article, a computer program was created that allows you to perform these calculations in automatic mode.

The proposed approach to calculating the thermodynamic parameters of the working fluid can be used in the case when the thermodynamic process is associated with the loss of mass of the working fluid. At the same time, the conditions of the thermodynamic process of exhaust gas release from the internal combustion engine cylinder (heat transfer and mechanical work) are taken into account through the expansion polytropic index, which must be determined for each specific case separately. This will require extra experiments.

C. 134

#### **ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Кандидат технических наук **А.А. ГЛУЩЕНКО**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Ульяновский государственный аграрный университет», e-mail :oildel@yandex.ru)  
432017, Российская Федерация, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, д. 1

Кандидат технических наук **Р.А. ЗЕЙНЕТДИНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: zra61@mail.ru),  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: технология регенерации, технологическая операция, оптимизация, метод анализа иерархий*

Качество восстановления эксплуатационных свойств отработанных смазочных материалов в процессе регенерации во многом определяется используемыми технологическими операциями и оборудованием. С целью оптимизации выбора технологических операций восстановления эксплуатационных свойств отработанных масел предлагается метод анализа иерархий. Для оценки в виде целевой функции принят комплексный показатель, учитывающий эффективность и экологичность технологических операций. При этом технологический процесс рассматривается как разноуровневая модель, где каждому уровню соответствует множество альтернативных технологических операций. Согласно правилам анализа иерархической модели после проведения ранжирования критериев и оценки альтернативных вариантов технологических операций, в соответствии с важностью критерия (комплексного показателя) и определения значения нормализованного вектора приоритетов проводится сравнение вариантов. Полученные данные используются для определения приоритетов альтернативных технологий, включающих определенный набор технологических операций. Для упрощения методики расчета предложен графический метод определения приоритетов технологий с соответствующим набором технологических операций. Использование метода анализа иерархий при выборе технологических операций позволяет существенно снизить время обработки массива данных при множестве альтернативных вариантов и с высокой степенью достоверности выбрать оптимальный вариант набора технологических операций. Кроме того, расчет итоговых значений приоритетов технологических операций позволяет сделать общую оценку эффективности технологий с заданным набором технологических операций. Предлагаемая методика оптимизации может быть использована при разработке технологических процессов любого производства. Особенностью методики является ее вариативность, поскольку в виде целевой функции может быть принят любой комплексный показатель, учитывающий особенности конкретного производства и необходимых параметров, как самого технологического процесса, так и производимого продукта. Кроме того, анализ полученных данных позволит еще на этапе создания технологии провести корректировку по выбору технологических операций и оборудования с целью наибольшего удовлетворения поставленным целям.

P. 134

#### **OPTIMIZATION OF THE CHOICE OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF THE PROCESS OF REGENERATION OF WASTE OILS**

Candidate of Technical Sciences **A. A. GLUSHCHENKO**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk State Agricultural University», e-mail: oildel@yandex.ru)  
431017 Russian Federation, Ulyanovsk, Novy Venets Boulevard, 1

Candidate of Technical Sciences **R.A. ZEYNETDINOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: zra61@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: regeneration technology, technological operation, optimization, hierarchy analysis method*

The recovery quality of waste lubricants operational properties in the regeneration process is largely determined by the technological operations and equipment used. In order to optimize the selection of technological operations for restoring the operational properties of waste oils, a method of hierarchies analyzing is proposed. For the assessment in the form of the objective function, a comprehensive indicator has been adopted that takes into account the efficiency and environmental friendliness of technological



operations. At the same time, the technological process is considered as a multi-level model, where each level corresponds to many alternative technological operations. According to the rules of analyzing the hierarchical model, after ranking the criteria and evaluating alternative options for technological operations, in accordance with the importance of the criterion (complex indicator) and determining the value of the normalized priority vector, a comparison of the options is carried out. The data obtained are used to determine the priorities of alternative technologies, including a specific set of technological operations. To simplify the calculation method, a graphical method for determining technology priorities with an appropriate set of technological operations is proposed. Using the method of hierarchies analysis when choosing technological operations can significantly reduce the processing time of the data array with many alternative options and with a high degree of certainty choose the best option for a set of technological operations. In addition, the calculation of the final priorities of technological operations allows to make a general assessment of the effectiveness of technologies with a given set of technological operations. The proposed optimization technique can be used in the development of technological processes of any production. A feature of the methodology is its variability, since any complex indicator taking into account the particular production and the necessary parameters of both the process itself and the manufactured product can be adopted as a target function. In addition, the analysis of the data obtained will allow even at the stage of creating the technology to carry out the adjustment for the selection of technological operations and equipment in order to best meet the goals.

С. 141

#### **ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО МАСЛА И ВЛИЯНИЕ ТИПА ОЧИСТИТЕЛЯ НА ИЗНОС ДВИГАТЕЛЯ**

Кандидат технических наук **М.М. ЗАМАЛЬДИНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет», e-mail: zamaldinov.marat@mail.ru)

Кандидат технических наук **И.Р. САЛАХУТДИНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет», e-mail: ilmas.73@mail.ru)  
433431, Российская Федерация, Ульяновская область, Чердаклинский район, п. Октябрьский, ул. Студенческая, д. 9.

Доктор технических наук **Р.Т. ХАКИМОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: haki7@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: минеральное масло, двигатель, частица загрязнения, полнопоточный бумажный фильтр, центрифуга*

Работа минеральных масел в двигателях внутреннего сгорания протекает в условиях высоких температур и давлений. Масла в процессе работы в двигателях также контактируют с продуктами неполного сгорания топлива, взвешенными частицами воды и поверхностями трущихся деталей. В результате работы свойство данных масел меняется и в нем накапливаются нерастворимые примеси. Этот процесс вызывает в двигателе преждевременный износ и выход его из строя. Основными зонами двигателя, в которых происходят процессы изменения свойств минерального масла, являются камера сгорания, зона поршня и поршневых колец, зона картера. Надежность и долговечность двигателей в значительной степени зависят от степени загрязнения деталей двигателей. Поэтому для повышения ресурса и надежности работы двигателей внутреннего сгорания необходимо установить эффективность используемых в системах смазки маслоочистительных устройств. При этом влияние типа применяемого маслоочистителя на снижение износа деталей двигателя в первую очередь определяется надежностью защиты отдельных пар трения от опасных частиц загрязнения. В результате проведенных теоретических исследований влияния типа применяемого маслоочистителя на снижение износа деталей двигателя было установлено, что вероятность удержания частицы

загрязнения каким-либо из используемых маслоочистительных устройств является также вероятностью ее попадания в пару трения смазываемого узла двигателя. Полученная аналитическая зависимость объема масла, проходящего через маслоочиститель и зазор пары трения, с учетом вероятностей удержания частицы загрязнения в маслоочистителе и попадания ее в зазор сопряжения, позволяет с высокой точностью провести оценку защиты пар трения от попадания в них частиц загрязнения при использовании в двигателе различной системы очистки масла. Проведенные стендовые исследования по выявлению влияния различных маслоочистителей на загрязнение автомобильных двигателей УМЗ-417 и ЗИЛ-130 показали, что наилучшая защита пар трения от попадания в них абразивных частиц загрязнения наиболее опасных размеров обеспечивается при параллельной очистке масла фильтрами и центрифугами.

P. 141

### **MINERAL OIL CONTAMINATION AND PURIFIER TYPE INFLUENCE ON ENGINE WEAR**

Candidate of Technical Sciences **M.M. ZAMALDINOV**

(Federal state budgetary educational institution of higher education  
«Ulyanovsk state agrarian University», e-mail: zamaldinov.marat@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences **I.R. SALAKHUTDINOV**

(Federal state budgetary educational institution of higher education  
«Ulyanovsk state agrarian University», e-mail: ilmas.73@mail.ru)

433431, Russian Federation, Ulyanovsk region, Cherdaklinsky district, p. October, Student, 9

Doctor of Technical Sciences **R.T. KHAKIMOV**

(Federal state budgetary educational institution of higher education «Saint-Petersburg State Agrarian  
University», e-mail: haki7@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: mineral oil, engine, contamination particle, full-flow paper filter, centrifuge*

The operation of mineral oils in internal combustion engines takes place at high temperatures and pressures. Oils in the process of operation in engines also come into contact with products of incomplete combustion of fuel, suspended water particles and surfaces of rubbing parts. As a result, the properties of these oils change and insoluble impurities accumulate in it. This process causes premature engine wear and failure. The main areas of the engine, in which the processes of changing the properties of mineral oil, is the combustion chamber, the zone of the piston and piston rings, the crankcase zone. The reliability and durability of engines largely depends on the degree of contamination of engine parts. Therefore, in order to increase the service life and reliability of internal combustion engines, it is necessary to establish the efficiency of oil purifying devices used in lubrication systems. In this case, the influence of the type of oil purifier used to reduce the wear of engine parts is primarily determined by the reliability of the protection of individual friction pairs from dangerous particles of contamination. As a result of the theoretical studies of the influence of the type of oil purifier used to reduce the wear of engine parts, it was found that the probability of holding a particle of contamination by any of the used oil purifying device is also the probability of its falling into the renum vapor of the lubricated engine assembly. Obtained analytical dependence of the volume of oil passing through oil purifier and friction pair clearance, taking into account the probabilities of retaining a contamination particle in an oil scrubber and falling into the interface, makes it possible to evaluate with high accuracy the protection of friction pairs from contamination particles entering them when using a different oil treatment system in an engine. Conducted bench studies to identify the effect of various oil cleaners on the contamination of automobile engines UMZ-417 and ZIL-130 showed that the best protection of friction pairs from ingress of the most dangerous sizes of abrasive particles is ensured by parallel purifying of the oil with filters and centrifuges.

С. 148

**РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ УСТАНОВКИ МИКРОГЭС  
НА БАЗЕ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА  
С ЭКРАНИРОВАННЫМ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ**

Кандидат технических наук **А.Г. ЧЕРНЫХ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Иркутский государственный аграрный университета им. А.А. Ежевского»,  
e-mail: kandida2006@yandex.ru)  
664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, Иркутский ГАУ

*Ключевые слова: микро-гидроэлектростанция, центробежный герметичный насос, экранированный асинхронный двигатель, насос-турбина, напорный водовод, электрические потери, температура, мощность, расход, давление, алгоритм управления*

В статье предложено эффективное техническое решение по составу и структуре системы автоматической стабилизации параметров электроэнергии, вырабатываемой автономной микроГЭС с компоновкой по схеме Pumps as turbine (PaTs) на основе серийного центробежного насоса, работающем в обращенном турбинном режиме, и приводным экранированным асинхронным двигателем насоса, работающем в режиме экранированного асинхронного генератора. Приведен алгоритм управления активной мощностью в системе генератор–нагрузка, представленный в виде блок-схемы двухканального регулирования активной мощности. Предложенный алгоритм позволяет существенно уменьшить влияние, с точки зрения возмущающего воздействия на систему, режимных параметров водостока и, в конечном счете, обеспечить высокое качество параметров электроэнергии генератора в соответствии с ГОСТ 13109 – 97. Кроме того, наличие на схеме внешних соединений регулятора напряжения с токопроводящими частями гидроагрегата, блока начального возбуждения генератора и регулируемого блока возбуждения в виде управляемого полупроводникового выпрямителя, нагруженного на дроссель, позволяет на практике компенсировать дополнительную реактивную мощность в канале нагрузки при ее активно-индуктивном характере. Для предварительно выбранного центробежного насоса с экранированным асинхронным двигателем мощностью 4,5 кВт, с использованием авторской программы расчета параметров и характеристик двигателя получены необходимые исходные данные для решения уравнения теплового баланса электродвигателя с принудительной циркуляцией воды в полости между статором и ротором. Рассчитаны тепловые потери в металлической экранирующей гильзе статора и механические потери, возникающие за счет трения вращающегося ротора о воду. Для заданных гидрологических характеристик реки и вычисленных тепловых потерь определена температура воды в проточной части установки микроГЭС. Сформулирован вывод о возможности практического использования рабочей среды проточной части энергоблока станции в коммунально-бытовых целях для снабжения потребителей водой с повышенными температурными значениями теплоносителя в рабочей рукавной линии.

Р. 148

**THE CALCULATION OF THE HEAT BALANCE FLOW OF THE INSTALLATION OF MICRO  
HYDROPOWER PLANT ON THE BASIS OF CENTRIFUGAL PUMP WITH ENCLOSED  
INDUCTION MOTOR**

Candidate of Technical Sciences **A.G. CHERNYKH**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky», e-mail: kandida2006@yandex.ru)  
664038, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodejny settlement, ISAU

*Keywords: micro-hydro-power plant, centrifugal sealed pump, shielded induction motor, pump-turbine, penstock, electrical losses, temperature, power, expense, pressure, control algorithm*

The paper proposed an effective solution on the composition and structure of the system of automatic stabilization parameters of electric power generated by Autonomous micro-HPPs with the arrangement according to the scheme Pumps as turbine (PaTs) based on the serial centrifugal pump operating in turbine mode and drive shielded induction motor pump operating mode shielded asynchronous generator. The algorithm of active power control in the generator load system is presented in the form of a block diagram of two-channel active power control. The proposed algorithm makes it possible to significantly reduce the influence, in terms of perturbation on the system, of the regime parameters of the drain and, ultimately, to ensure high quality of the generator power parameters in accordance with GOST 13109-97. In addition, the presence on the circuit of external connections of the voltage regulator with the conductive parts of the hydraulic unit, the initial excitation unit of the generator and the regulated excitation unit in the form of a controlled semiconductor rectifier loaded on the throttle, allows in practice to compensate for the additional reactive power in the load channel with its active-inductive nature. For a pre-selected centrifugal pump with a shielded asynchronous motor with a power of 4.5 kW, using the author's program for calculating the parameters and characteristics of the engine, the necessary initial data are obtained to solve the heat balance equation of an electric motor with forced water circulation in the cavity between the stator and the rotor. Thermal losses in the metal shielding sleeve of the stator and mechanical losses arising due to friction of the rotating rotor on water are calculated. For the given hydrological characteristics of the river and the calculated heat losses, the water temperature in the flow part of the micro-hydroelectric plant is determined. A conclusion is made about possibilities of practical usage, the working medium flow of the power station in the domestic order to supply consumers with water of elevated temperature values of the coolant in the working lines.

C. 157

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ И ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ БЕНЗИНОВЫХ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ**

**Доктор технических наук, профессор М.И. ЧЕБОТАРЕВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,  
e-mail: [mikhail.chebotarev.2017@mail.ru](mailto:mikhail.chebotarev.2017@mail.ru))

**Доцент П.М. ХАРЧЕНКО**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,  
e-mail: [1960324@mail.ru](mailto:1960324@mail.ru))

350044, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13

*Ключевые слова: удельный объем, пьезометр, пикнометр, плотность, давление насыщенных паров, объемомер, вентиль-распределитель, платиновый термометр сопротивления*

В статье раскрывается методика измерения удельного объема бензиновых нефтяных фракций, раскрыта схема экспериментальной установки, указаны пределы измерения плотности и удельного объема, давления насыщенных паров веществ. Цилиндрический пьезометр объемом 110 см<sup>3</sup> изготовлен из жаропрочной нержавеющей стали, внутри пьезометра в специальном кармане расположен платиновый термометр сопротивления ПТС-10 класса 0,02 с номинальным сопротивлением 10 Ом. Для перемешивания исследуемого вещества служит падающая мешалка с электромагнитным приводом, изготовленная из нержавеющей стали. В качестве теплоносителя применена кремнеорганическая жидкость ПМС-100, позволяющая работать при температурах от 293 К до 600 К. Для обеспечения контроля за температурой термостата служит второй образцовый платиновый термометр сопротивления, а для регулирования температуры – регулирующий платиновый термометр типа ТСП-10 сопротивлением 46 Ом. Перемешивание теплоносителя в

термостате осуществляется в мешалке, а охлаждение – с помощью холодильника. Трубчатый нагреватель мощностью 0,2 кВт используется в качестве регулирующего. Вокруг обечайки намотаны основные нагреватели мощностью 1 кВт каждый.

В нижней части термостата расположен нагреватель мощностью 0,5 кВт. Наружная поверхность термостата изолирована слоем базальтовой ваты. Постоянная температура в термостате поддерживалась с помощью системы автоматического регулирования. Измерение температуры осуществлялось по компенсационной схеме с использованием потенциометра Р 363-2, кл. 0,002 и образцовой катушки Р 331 первого класса. Колебания температуры термостата не превышали 0,02 К.

P. 157

#### **AN EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR STUDYING THE DENSITY AND PRESSURE OF SATURATED VAPORS OF GASOLINE PETROLEUM FRACTIONS**

Doctor of Technical Sciences, Professor **M.I. CHEBOTAREV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», e-mail: mikhail.chebotarev.2017@mail.ru)

Associate Professor **P.M. KHARCHENKO**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», e-mail: 1960324@mail.ru)  
350044, Russian Federation, Krasnodar region, Krasnodar, Kalinina, 13

*Keywords: specific volume, piezometer, pycnometer, density, saturated vapor pressure, volume meter, valve-distributor, platinum resistance thermometer*

The article discloses a method for measuring the specific volume of gasoline petroleum fractions, the experimental installation scheme is disclosed, limits of density measuring and specific volume, and vapor pressure of substances are indicated. A cylindrical piezometer with a volume of 110 cm<sup>3</sup> is made of heat-resistant stainless steel, inside the piezometer in a special pocket is a PTS-10 platinum resistance thermometer of class 0.02 with a nominal resistance of 10 ohms. For mixing the test substance, a falling mixer with an electromagnetic drive, made of stainless steel, is used. A PMS-100 organosilicon liquid was used as a coolant, allowing operation at temperatures from 293 K to 600 K. To provide temperature control for the thermostat, a second standard platinum resistance thermometer is used, and a temperature-controlled platinum thermometer TSP-10, with a resistance of 46 Ohms, is used to control the temperature. Mixing the coolant in the thermostat is carried out in a mixer, and cooling with a refrigerator. A 0.2 kW tubular heater is used as a control heater. Around the shell, the main heaters are wound, with a power of 1 kW each.

At the bottom of the thermostat is a 0.5 kW heater. The outer surface of the thermostat is insulated with a layer of basalt wool. A constant temperature in the thermostat was maintained using an automatic control system. Temperature measurement was carried out according to a compensation scheme using a potentiometer R 363-2, class. 0.002 and a reference coil P 331 of the first class. The temperature fluctuation of the thermostat did not exceed 0.02 K.

C. 162

#### **КОРРОЗИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ НА МЕТАЛЛЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Доктор технических наук **А.П. КАРТОШКИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: akartoshkin@yandex.ru)

Аспирант **А.Н. СПИРИДОНОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: angspiridonova@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: коррозия, система охлаждения ДВС, охлаждающая жидкость*

Оптимальная работа системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания зависит от охлаждающей жидкости. Охлаждающая жидкость не должна взаимодействовать с конструкционными и эксплуатационными материалами двигателя, средств хранения, транспортирования и заправки.

В работе изложено исследование коррозионного воздействия охлаждающих жидкостей на металлы: алюминий, сталь, олово. Выбор метода определения коррозионного воздействия с последующим его усовершенствованием. Сравнительная оценка коррозионного воздействия свежей и отработанной охлаждающей жидкости на металлы.

В реальных условиях скорость коррозии системы охлаждения двигателя изменяется по сложным зависимостям в связи с нестационарностью процессов теплообмена.

Метод Пинкевича дает оценку коррозионного воздействия охлаждающих жидкостей путем изменения масс образцов пластин металлов до и после испытания.

Для исследований коррозионного воздействия выбрано 6 образцов отработанной охлаждающей жидкости и 2 образца свежей охлаждающей жидкости. В ходе эксперимента на металлических пластинах можно наблюдать образование коррозионных разрушений, таких как сплошная коррозия: равномерная и неравномерная, местная коррозия: пятнами, язвами. Увеличение снижения массы металлических пластин, находившихся в отработанных охлаждающих жидкостях, что свидетельствует о наиболее коррозионной среде, то есть отсутствии антикоррозионных присадок в жидкостях. Образование многослойной пленки на металлических пластинах, находившихся в свежих охлаждающих жидкостях, за счет взаимодействия активных компонентов антикоррозионной присадки с металлом в результате адсорбции поверхностно-активных веществ на поверхность металла.

P. 162

## **CORROSIVE EFFECT OF COOLANTS ON METALS DURING OPERATION**

Doctor of Technical Sciences **A.P. KARTOSHKIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: akartoshkin@yandex.ru

Postgraduate Student **A.N. SPIRIDONOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: angspiridonova@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: corrosion, internal combustion engine cooling system, coolant*

The optimum performance of the internal combustion engine depends on the coolant. The coolant must not interact with the structural and operational materials of the engine, storage facilities, transportation and refueling.

The paper presents a study of the corrosive effect of cooling liquids on metals: aluminum, steel, tin. Selection of the method for determining the corrosion effect with its subsequent improvement and comparative assessment of the corrosion effect of fresh and waste coolant on metals are determined.

In real conditions, the corrosion rate of the engine cooling system varies according to complex dependencies due to the unsteadiness of heat and mass transfer processes.

The Pinkewich method assesses the corrosion effects of cooling fluids by changing the masses of metal plate samples before and after the test.

6 samples of waste coolant and 2 samples of fresh coolant were selected for corrosion studies. During the experiment on metal plates, one can observe the formation of corrosion damage, such as continuous corrosion: uniform and uneven, local corrosion: spots, ulcers. Increase in weight reduction of metal plates that were in waste cooling fluids, which indicate the most corrosive environment, i.e. the absence of anticorrosive additives in liquids. The formation of a multilayer film on metal plates, which were in fresh cooling liquids, due to the interaction of the active components of the anticorrosive additive with the metal as a result of adsorption of surfactants on the metal surface.

C. 167

### **О НЕОБХОДИМОСТИ И МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**

Кандидат технических наук **И.О. ЧЕРНЯЕВ**

(Федерально государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,  
e-mail: chernyaev@rambler.ru)

190005, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4

*Ключевые слова:* мониторинг технического состояния автомобилей, коэффициент технической готовности

В статье выполнено сравнение систем технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств на основе максимальных значений обеспечиваемых ими коэффициентов технической готовности. Представлена графическая иллюстрация зависимости коэффициента технической готовности от времени простоя для выполнения технических воздействий. На основе анализа структуры этих временных затрат показана необходимость применения в современных условиях систем, основанных на непрерывном контроле технического состояния, как обеспечивающих максимально возможное значение коэффициента технической готовности. С учетом отсутствия четко определенного терминологического аппарата сформулировано определение термина «непрерывный контроль технического состояния». Для этого использованы гостированные определения в области контроля состояния и диагностики машин. Дано сравнение указанного термина с термином «мониторинг». Проанализирована «классическая» схема формирования планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта, предложенная Е.С. Кузнецовым. Сформулирован ряд задач, которые дополнительно требуют решения для формирования систем технического обслуживания и ремонта с непрерывным контролем технического состояния. На основе перечня данных задач предложен механизм формирования системы технической эксплуатации автотранспортных средств на основе непрерывного контроля их технического состояния. Приведено его графическое представление. Оно позволяет определить последовательность решения задач и нерешенные задачи – барьеры, препятствующие внедрению и практическому применению системы технического обслуживания и ремонта с непрерывным контролем технического состояния. Материал статьи может быть использован при разработке указанных систем как обоснование актуальности, а также при составлении технических заданий и формулировании задач по отдельным этапам разработки.

P. 167

**ON THE NECESSITY AND MECHANISM OF TECHNICAL OPERATION SYSTEMS FORMING FOR MOTOR VEHICLES BASED ON CONTINUOUS CONTROL OF THEIR TECHNICAL CONDITION**Candidate of Technical Sciences **I.O. CHERNYAEV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering», e-mail: chernyaev@rambler.ru)  
190005, Russian Federation, Saint-Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya, 4

*Keywords: vehicles technical condition monitoring, coefficient of technical readiness*

The article compares the service systems and motor vehicles repair based on the maximum values of the technical readiness coefficients they provide. A graphic illustration of the dependence of technical readiness coefficient on the downtime for performing technical actions is presented. Based on the analysis of the structure of these time costs, the necessity for modern systems based on continuous monitoring of the technical condition, as ensuring the highest possible value of the technical readiness coefficient, is shown. Given the absence of a clearly defined terminological apparatus, a definition of the term “continuous monitoring of the technical condition” is formulated. For this, guest definitions were used in the field of condition monitoring and machine diagnostics. A comparison of the indicated term with the term “monitoring” is given. The “classical” scheme for the formation of a preventive maintenance and repair system proposed by E.S. Kuznetsov is analyzed. A number of tasks are formulated that additionally require solutions for the formation of maintenance and repair systems with continuous monitoring of the technical condition. Based on the list of these tasks, a mechanism for the formation of a system for the technical operation of motor vehicles based on continuous monitoring of their technical condition is proposed. Its graphic representation is given. It allows to determine the sequence of problem solving and unsolved problems - barriers that impede the implementation and practical application of service and repair system with continuous monitoring of the technical condition. The material of the article can be used in the development of these systems as a justification of relevance, as well as in the preparation of technical tasks and the formulation of tasks for individual stages of development.

C. 172

**АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**Кандидат технических наук **А.Г. СМИРНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: stts@lenta.ru)

Кандидат технических наук **В.С. ПАВЛОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: pvstolikovo@mail.ru)

Кандидат технических наук **А.А. ГОРДЕЕВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: gidrav.gordeev@yandex.ru)  
428003, Российская Федерация, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29.

*Ключевые слова: система технического обслуживания, структура и нормативы, Положение, сервисная книжка, трудоемкость, подвижной состав*

В статье рассмотрены вопросы проведения технических обслуживаний автотранспортных средств по Положению о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта (Положение), а также по сервисным книжкам заводов-изготовителей в условиях



автотранспортных предприятий, путем введения четырехступенчатой структуры системы технического обслуживания и изменения чередования видов обслуживаний. В современных условиях использование Положения в автотранспортных предприятиях вызывает затруднения из-за устаревших структур видов технических обслуживаний и их нормативов. С появлением новых конструктивных решений в создании автомобилей, новых материалов при их изготовлении и использовании значительно изменились ресурсы деталей, узлов и агрегатов. На сегодня заводы-изготовители устанавливают свою структуру и нормативы, что учтено во второй части Положения по конкретному семейству подвижного состава. В работе проведен сравнительный анализ трудоемкостей видов технических обслуживаний с учетом их чередования в соответствии с Положением и сервисными книжками на примере автомобилей УАЗ. Установлено, что при переходе на периодичность технического обслуживания от 5000 км на 15000 км по рекомендациям завода-изготовителя более рациональным является 3-ступенчатая система технического обслуживания. Чередование обслуживаний в этом случае выглядит следующим образом: ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-2, ТО-1, ТО-3 и т.д. Рекомендуемая структура отвечает требованиям планово-предупредительной системы, является наиболее удобной для работы специализированных предприятий по ТО и Р автомобилей семейства УАЗ, автопредприятий с преобладающим количеством автомобилей данной марки и владельцев единичных штук. Применение многоступенчатой системы ТО и Р позволит значительно сократить трудозатраты, более рационально организовать рабочие места на постах ТО.

P. 172

#### ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF THE VEHICLE MAINTENANCE SYSTEM

Candidate of Technical Sciences **A.G. SMIRNOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Chuvash State Agricultural Academy», e-mail: stts@lenta.ru)

Candidate of Technical Sciences **V.S. PAVLOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Chuvash State Agricultural Academy», e-mail: pvstolikovo@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences **A.A. GORDEEV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Chuvash State Agricultural Academy», e-mail: gidrav.gordeev@yandex.ru)  
428003, Russian Federation, Chuvash Republic, Cheboksary, ul. K. Marx, d. 29

*Keywords: maintenance system, structure and standards, Regulations, service book, labor input, rolling stock*

The article discusses the issues of technical maintenance of vehicles under the Regulation on the maintenance and repair of rolling stock of automobile vehicles (Regulation) as well as on service books of manufacturers in the conditions of motor transport enterprises, by introducing a four-stage structure of the maintenance system and changing the alternation of types of services. In modern conditions, the use of the Regulation in motor transport enterprises is difficult due to outdated structures of types of technical services and their standards. With the advent of new design solutions in the creation of automobiles, new materials during their manufacture and use, the resources of parts, assemblies and assemblies have significantly changed. Today, manufacturers establish their own structure and standards, which is taken into account in the second part of the Regulation on a specific rolling stock family. In the work, a comparative analysis of the complexity of types of technical services is carried out taking into account their alternation in accordance with the Regulation and service books on the example of UAZ cars. It was found that when switching to a maintenance frequency of 5,000 km per 15,000 km according to the manufacturer's recommendations, a 3-stage maintenance system is more rational. The alternation of services in this case is as follows: TO-1, TO-2, TO-1, TO-2, TO-1, TO-3, etc. The recommended structure meets the requirements of the planning and warning system, is the most convenient for specialized enterprises for maintenance and R of UAZ family cars, auto enterprises with a predominant number of cars of this brand and owners of single pieces. The use of a multi-stage maintenance system and P will significantly reduce labor costs, more rationally organize jobs at maintenance posts.

С. 178

**ПОВЫШЕНИЕ СОХРАНЯЕМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ  
В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНОГО ЗАЩИТНОГО  
СООРУЖЕНИЯ**

Кандидат технических наук **М.С. МЕДВЕДЕВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Красноярский государственный аграрный университет», e-mail: misha\_08\_80@mail.ru)  
660049, Российская Федерация, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, д. 2

*Ключевые слова: конденсат, модуль, защитное устройство, хранение техники*

Хранение техники в нерабочий период является важной задачей для сельского хозяйства, так как большинство техники работает менее 15% от круглогодичного цикла работ. Неправильное хранение техники негативно влияет на ее ресурс, снижая его до минимума. Целью исследования является обеспечение сохраняемости объекта в условиях применения усовершенствованной конструкции модульного защитного сооружения. Для достижения поставленной цели предложена конструктивная особенность обшивки модульного защитного сооружения, которая позволит минимизировать возможность отрицательного воздействия конденсата на сохраняемость техники и обосновать возможность применения модульного защитного сооружения на практике. В статье предложено решение этой проблемы с помощью дополнительных слоев, состоящих из полиэтиленовой пленки и прослойки воздуха между внутренним слоем «Пенофола» и полиэтиленовой пленкой. Воздушная прослойка будет служить как дополнительный барьер, мешающий резкому изменению температуры, и поможет собирать скопившийся конденсат на внутренней стороне пленки. «Пенофол» быстрее нагревается от солнца, чем воздух внутри модульного защитного сооружения, и остывает также быстрее, поэтому на его внутренней стороне может образовываться конденсат. Основные перепады температуры будут происходить в прослойке воздуха, следовательно, конденсат будет выпадать там же, оставаясь на внутренней стороне пленки и «Пенофола». Конденсирующая влага удалится за пределы защитного сооружения путем стекания, не принося вред сельскохозяйственной технике. Подтверждением данного процесса являются результаты неоднократно проведенных экспериментов. В ходе экспериментов были одновременно измерены температуры воздуха внутри защитного сооружения и снаружи. Более плавное изменение температуры внутри защищенного пространства свидетельствует о том, что выпадение конденсата на хранящуюся технику наименее вероятно, если применять предлагаемую конструкцию обшивки защитного модульного сооружения. В качестве обоснования проделанной работы представлены результаты исследования и выводы, где отображены основные результаты публикуемых материалов.

Р. 178

**IMPROVEMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY SAFEKEEPING  
WHEN STORAGE BY APPLYING MODULAR PROTECTIVE CONSTRUCTION**

Candidate of Technical Sciences **M.S. MEDVEDEV**

(Federal state budgetary educational institution of higher education  
«Krasnoyarsk state agrarian university», e-mail: misha\_08\_80@mail.ru)  
660049, Russian Federation, Krasnoyarsk, ul. Academician Kirensky, 2

*Keywords: condensate, module, protective construction, agricultural machinery safekeeping*

Agricultural machinery safekeeping during the non-working period is an important problem for agriculture since most machinery operates less than 15% of the year-round work cycle. Improper storage negatively affects its resource, reducing it to a minimum. The aim of the study is to ensure the sustainability of the facility under the conditions of improved modular protective construction design application. To achieve this

goal, a structural feature of the sheathing of a modular protective structure is proposed, which will minimize the possibility of negative effects of condensate on machinery safekeeping and justify the possibility of using a modular protective structure in practice. The article proposes a solution to this problem with the help of additional layers consisting of a plastic film and a layer of air between the inner layer of Penofol and the plastic film. The air gap will serve as an additional barrier, preventing a sharp change in temperature, and will help to collect accumulated condensate on the inner side of the film. Penofol heats up faster from the sun than air inside a modular protective structure and cools faster as well, so condensation may form on its inside. The main temperature differences will occur in the air layer, therefore, condensate will precipitate in the same place, remaining on the inner side of the film and Penofol. Condensing moisture will be removed outside the protective structure by draining without harming agricultural machinery. The results of repeatedly conducted experiments demonstrate the confirmation of this process. During the experiments, the air temperatures inside the protective structure and outside were simultaneously measured. A smoother change in temperature inside the protected space indicates that condensation on the stored equipment is the least likely if the proposed design of the sheathing of the protective modular structure is applied. As a justification for the work done, the research results and conclusions are presented, which show the main results of published materials.

C. 183

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТОПЛИВА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Доктор технических наук **Е.А. УЛЮКИНА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,  
e-mail: elenaulykina@rambler.ru)

127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

*Ключевые слова: экологические проблемы, нефтяное топливо, биогаз, масляничные культуры, биотопливо*

Решение экологических проблем, возникающих при эксплуатации мобильной техники на нефтяном топливе, требует поиска альтернативных видов моторного топлива. Проведен анализ применения альтернативных топлив для мобильной техники. Из возобновляемых ресурсов достаточно перспективно использование энергии биомассы, то есть всех видов веществ растительного и животного происхождения, продуктов их жизнедеятельности и органических отходов. Приведен анализ использования биогаза (метан, смесь пропан-бутана, диметилэфир), этанола, растительных масел (рапсовое, кукурузное, льняное, хлопковое, соевое, сурепное, пальмовое, арахисовое, оливковое, подсолнечное, касторовое и т.д.). Возможно получение биотоплив из сорных растений: рыжик полевой, дурнишник, борщевик, желтушник, клоповник полевой, цикорий обыкновенный, огуречник и т.д. Посевные площади для выращивания необходимого количества масличных культур ограничены, а использование пашни не для получения продовольственного сырья, а на технические цели нежелательно. Массовое производство биодизельного топлива из растительных масел пищевого назначения приводит к конкуренции за сырье с производством продуктов питания.

В представленной работе проведены исследования физико-химических свойств биотоплив на основе растительных масел и их эфиров. Получены данные фракционного состава метиловых эфиров растительных масел; с помощью ИК-спектроскопии идентифицированы вещества, образующиеся при термоллизе рапсового масла; получены данные о воздействии различных видов биотоплива на различные конструкционные материалы.

P. 183

**PROSPECTS FOR THE USE OF BIOFUELS IN THE OPERATION OF AGRICULTURAL AND MOBILE EQUIPMENT**Doctor of Technical Sciences **E.A. ULYUKINA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Russian Timiryazev State Agrarian University», e-mail: elenaulykina@rambler.ru)  
127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49

*Keywords: environmental issues, petroleum fuels, biogas, oilseeds, biofuels*

The solution of environmental problems that arise during the operation of mobile vehicles using petroleum fuels requires the search for alternative types of motor fuels. The analysis of the use of alternative fuels for mobile equipment is carried out. From renewable resources, the use of biomass energy, that is, all types of substances of plant and animal origin, their waste products and organic waste, is quite promising. The analysis of biogas use (methane, a mixture of propane-butane, dimethylether), ethanol, vegetable oils (rapeseed, corn, linseed, cotton, soy, rape, palm, peanut, olive, sunflower, castor, etc.) is given. It is possible to obtain biofuels from weeds: field saffron milk, gorse, hogweed, jaundice, field gooseberry, common chicory, borage, etc. Sown areas for growing the required number of oilseeds are limited, and the use of arable land not for obtaining food raw materials, but for technical purposes is undesirable. Mass production of biodiesel from edible vegetable oils leads to competition for raw materials from food production.

In the present work, we studied the physicochemical properties of biofuels based on vegetable oils and their esters. The data on the fractional composition of methyl esters of vegetable oils were obtained; using infrared spectroscopy identified substances formed during the rapeseed oil thermolysis; data on the effects of various types of biofuels on various structural materials are obtained.

C. 193

**ВЫБОР ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОПОРНЫХ КОЛЕС АГРЕГАТИРУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**Аспирант **А.Ю. ПАНОВ**

(Федерально государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тверская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: vewpolo9n@yandex.ru)

Кандидат технических наук, профессор **В.С. АНДРОЩУК**

(Федерально государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тверская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: vandroshuk@tvgscha.ru)  
170904, Российская Федерация, г. Тверь, ул. Маршала Василевского (Сахарово), д. 7

*Ключевые слова: двигатель, мотор-колесо, электропривод, машинно-тракторный агрегат, дополнительный привод, сельскохозяйственная машина*

В последнее время наблюдается тенденция ограничения или полного отказа от использования дизелей в технологических машинах из-за ужесточения экологических требований к токсичности отработавших газов. Использование электропривода в силовой установке машин различного назначения указывает на их мировое признание.

В статье рассматриваются вопросы актуальности установки электропривода в состав силовой установки машинно-тракторного агрегата. Анализ рынка электромоторов позволяет рекомендовать к использованию для передачи крутящего момента на опорные колёса агрегируемых машин мотор-колёса. При подборе типа электропривода необходимо не только определить возможность использования электромотора в составе силовой установки, но и оценить его работоспособность в процессе эксплуатации. В статье разработаны рекомендации по выбору мотор-колеса исходя из его характеристик и условий использования. Обозначен возможный эффект снижения давления на почву машинно-тракторного агрегата, улучшения его маневренности и экономические показатели работы.

P. 193

**SELECTION OF ELECTRIC DRIVE FOR SUPPORT WHEELS  
ON AGREGATED AGRICULTURAL MACHINES**Postgraduate Student **A.Yu. PANOV**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tver Agricultryal Academy»,  
e-mail: vewpolo9n@yandex.ru)Candidate of Technical Sciences, Professor **V.S. ANDROSHCHUK**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tver Agricultryal Academy»,  
e-mail: vandroshuk@tvgscha.ru)

170904, Russian Federation, Tver, street of Marshal Vasilevsky (Sakharovo), 7

*Keywords: engine, motor-wheel, electric drive, machine-tractor unit, additional drive, agricultural machine*

Recently, there has been a tendency to limit or completely abandon the use of diesel engines in technological machines due to the tightening of environmental requirements for toxicity of exhaust gases. The use of an electric drive in the power plant of machines for various purposes indicates their worldwide recognition.

The article discusses the relevance of installing an electric drive as part of the power plant of a machine-tractor unit. An analysis of the electric motor market allows us to recommend the use of motor wheels for transferring torque to the support wheels of aggregated machines. When selecting the type of electric drive, it is necessary not only to determine the possibility of using an electric motor as part of the power plant, but also to evaluate its performance during operation. The article has developed recommendations for choosing a motor wheel based on its characteristics and conditions of use. The possible effect of reducing the pressure on the soil of the machine-tractor unit, improving its maneuverability and economic performance indicators is indicated.

C. 197

**РАЗРАБОТКА УЗЛА ПОДВЕСКИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**Кандидат технических наук **К.В. ФИЛИМОНОВ**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Красноярский государственный аграрный университет», e-mail: filimonkonst@mail.ru)

660049, Российская Федерация, г. Красноярск, пр. Мира, 90

*Ключевые слова: подвеска, мотовездеход, прицеп, дорожный просвет, погрузочная высота, рессоры, шасси*

Внедорожные мототранспортные средства находят всё большее применение в качестве транспортных, мобильных энергетических, тягово-технологических средств, имеющих высокий потенциал адаптации к существующим производственным процессам растениеводства, животноводства, охотохозяйства. Они обладают хорошими массогабаритными характеристиками, высокими показателями манёвренности, проходимости и энергонасыщенности. Особенности среды использования и специфика их эксплуатации обуславливают необходимость в прицепном подвижном составе. Важнейшими эксплуатационными свойствами транспортных поездов являются технологическая универсальность, вместимость, приспособленность к погрузочно-разгрузочным работам, тягово-скоростные и тормозные свойства, проходимость, управляемость, устойчивость. На основании анализа специфики производственных процессов и среды использования внедорожных мототранспортных средств, особенностей их устройства и эксплуатации предложена конструкция подвески для прицепного подвижного состава к ним, обеспечивающая необходимую энергоёмкость, демпфирующие свойства и широкие эксплуатационные возможности. Описаны подходы и инструменты, используемые при проектировании.

P. 197

**DEVELOPMENT OF A VEHICLE SUSPENSION UNIT**

Candidate of Technical Sciences **K.V. FILIMONOV**  
 (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
 «Krasnoyarsk State Agrarian University», e-mail: filimonkonst@mail.ru)  
 660049 Russian Federation, Krasnoyarsk, Mira, 90

*Keywords: suspension, all-terrain vehicle, trailer, ground clearance, loading height, springs, chassis*

Off-road motor vehicles are increasingly used as transport, mobile energy, traction and technological means having a high potential for adaptation to existing production processes of crop production, animal husbandry, hunting. They have good weight and size characteristics, high rates of maneuverability, maneuverability and energy saturation. Features of the environment of use and the specifics of their operation necessitate trailed rolling stock. The most important operational properties of transport trains are technological versatility, capacity, adaptability to loading and unloading, traction and braking properties, maneuverability, controllability, stability. Based on the analysis of the specifics of production processes and the use of off-road motor vehicles, the features of their arrangement and operation, a suspension design for trailed rolling stock for them is proposed, which provides the necessary energy consumption, damping properties and wide operational capabilities. The approaches and tools used in the design are described.

C. 205

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ НА ОПЕРАЦИЯХ ПОЧВООБРАБОТКИ**

Кандидат технических наук **С.Ю. ЖУРАВЛЕВ**  
 (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
 «Красноярский государственный аграрный университет», e-mail: suj61@mail.ru)  
 660049, Российская Федерация, г. Красноярск, пр. Мира, 90

*Ключевые слова: эффективность, трактор, почвообрабатывающий агрегат, методика, массо - энергетические параметры, балластирование, операции почвообработки*

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности использования современных высокомоментных, энергонасыщенных колесных 4К4 тракторов в составе почвообрабатывающих агрегатов при выполнении различных технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур. Целью работы является повышение эффективности использования почвообрабатывающих агрегатов за счет оптимизации параметров и характеристик с учетом методики балластирования. Решение задач исследований проводилось с учетом технической характеристики трактора «Кировец» К-424 и условий комплектации съемными балластными грузами.

По результатам исследований дана оценка тягово-сцепных свойств трактора с одинарными и двояными колесами при различных значениях массы  $m_{уд}$ . При выполнении отвальной вспашки (операции первой группы) в тяговом диапазоне, ограниченном буксованием  $0,08 \leq \delta \leq 0,15$ , наиболее эффективен трактор с удельной массой  $m_{уд1}^* = 65,04$  кг/кВт и комплектацией 1К. Диапазон буксования трактора  $\delta = 0,08 \dots 0,15$  позволяет максимально использовать возможности колесной схемы 4К4 за счет оптимального распределения удельной и, соответственно, эксплуатационной массы.

При выполнении всех трех групп операций почвообработки в составе различных мобильных агрегатов для трактора К-424 наиболее рациональное значение  $m_{уд2}^* = 61,94$  кг/кВт ( $m_3 = 9787$  кг) на двояных колесах. Данный вариант адаптирующих воздействий на эксплуатационные параметры трактора наиболее приемлем, исходя из параметров тяговой характеристики и допустимого

диапазона рабочих скоростей ( $V_{\min} - V_{\max}$ )\* трактора. Применение сдвоенных колес (комплектация 2К) позволит увеличить тяговый КПД трактора на 7% за счет снижения коэффициентов буксования  $\delta$  и сопротивления перекачиванию трактора  $f$ .

P. 205

### IMPROVEMENT OF WHEEL TRACTORS USE EFFICIENCY ON TILLAGE OPERATIONS

Candidate of Technical Sciences **S.Yu. ZHURAVLEV**  
(Federal state budgetary educational institution of higher education  
«Krasnoyarsk state agrarian University», e-mail: suj61@mail.ru)  
660049, Russian Federation, Krasnoyarsk, Mira, 90

*Keywords: efficiency, tractor, soil-cultivating unit, technique, weight- power parameters, ballasting, tillage operations*

The article discusses the issues of efficiency improvement of modern high-power, energy-saturated wheeled 4K4 tractors use as part of tillage units when performing various technological operations of crop cultivation. The aim of the work is to improve the efficiency of tillage machines use by optimizing the parameters and characteristics, taking into account the ballasting technique. The research tasks were solved taking into account the technical characteristics of the Kirovets K-424 tractor and the conditions for picking with removable ballast weights.

Based on the research results, the traction and coupling properties of a tractor with single and double wheels are estimated for various values of weight  $m_{\text{уд}}$ . When performing dump plowing (operations of the first group) in the traction range limited by skidding of  $0.08 \leq \delta \leq 0.15$ , the tractor with the specific weight  $m_{\text{уд}1} = 65.04 \text{ kg / kW}$  and 1K equipment is most efficient. The skidding range of the tractor  $\delta = 0.08 \dots 0.15$  allows to maximize the capabilities of the 4K4 wheel configuration due to the optimal distribution of specific and, accordingly, operating weight.

When performing all three groups of tillage operations as a part of various mobile units for the K-424 tractor, the most rational value is  $m_{\text{уд}2} = 61.94 \text{ kg / kW}$  ( $m_{\text{э}} = 9787 \text{ kg}$ ) on dual wheels. This option of adaptive actions on the tractor operating parameters is most acceptable, based on the parameters of the traction characteristics and the permissible range of operating speeds ( $V_{\min} V_{\max}$ )\* of the tractor. The use of dual wheels (2K equipment) will increase the tractor's traction efficiency by 7% due to a decrease in slippage coefficients  $\delta$  and tractor rolling resistance  $f$ .

C. 210

### СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ АГРОТЕХНОЛОГИЙ

Доктор технических наук, профессор **М.А. КЕРИМОВ**  
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: martan-rs@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: зерноуборочный комплекс, моделирование, технологическая надежность, системный анализ, принятие решений*

Производственный процесс уборки зерновых культур интерпретируется в виде сложной, иерархически-организованной трехуровневой системы. Характерные особенности таких систем: автономность отдельных подсистем; уплотнение информации при движении вверх по иерархии; взаимовлияние подсистем из-за наличия общих ограничений.

Системная методология позволяет рассматривать исследуемый процесс как управляемую динамическую систему. Основная ее задача связана с достижением конкретной цели – обеспечением определенным образом детерминированного поведения системы при воздействии на нее случайных (в вероятностно-статистическом смысле) возмущений.

Система в целом определяется связями с окружающей средой, структурой, функцией и набором свойств. Решение прикладных задач, связанных с функционированием технических систем, требует учета неопределенности исходной информации. При недостатке информации об условиях функционирования необходимо выбрать более адекватные модели или использовать наиболее целесообразные методики достижения поставленной цели. Границы здесь определяются допустимыми затратами, временными параметрами, уровнем знаний поведения оптимизируемой системы – ее динамики и действующих критериев. Успех приложения выбранных методов исследования зависит от концептуального подхода к решению проблемной ситуации.

На основе системного моделирования технологического процесса уборки зерновых оптимизируется принципиальная схема технической оснащенности. Значительную сложность представляет производственно-технологическая адаптация системы к условиям внешней среды.

Примером практической реализации управления по схеме обеспечения адаптационного максимума при проектировании агротехнологий может служить система оптимизации процесса послеуборочной обработки зерна и его лимитирующего звена – зерносушилки с учетом вероятностной природы условий их функционирования.

P. 210

## SYSTEM ANALYSIS IN THE DESIGN OF AGRICULTURAL TECHNOLOGIES

Doctor of Technical Sciences, professor **M.A. KERIMOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: martan-rs@yandex.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: harvesting complex, modeling, technological reliability, system analysis, decision making*

The grain harvesting production process is interpreted as a complex, hierarchically-organized three-level system. The characteristic features of such systems are the autonomy of individual subsystems; information compaction when moving up the hierarchy; mutual influence of subsystems due to common restrictions.

The system methodology allows us to consider the process under study as a controlled dynamic system. Its main task is related to the achievement of a specific goal - providing a certain way of deterministic behavior of the system when exposed to random (in a probabilistic-statistical sense) perturbations.

The system as a whole is determined by its relationships with the environment, structure, function and set of properties. The solution of applied problems associated with the functioning of technical systems requires taking into account the uncertainty of the source information. With a lack of information on operating conditions, it is necessary to choose more appropriate models or use the most appropriate methods to achieve the goal. The boundaries here are determined by the acceptable costs, time parameters, level of knowledge - the behavior of the optimized system - its dynamics and existing criteria. The success of the application of the selected research methods depends on the conceptual approach to solving the problem situation.

Based on system modeling of the grain harvesting technological process, the concept of technical equipment is optimized. Significant complexity is the production and technological adaptation of the system to environmental conditions.

An example of the practical implementation of management according to the scheme for ensuring the adaptive maximum in the design of agricultural technologies can serve as a system for optimizing the process of post-harvest processing of grain and its limiting unit - a grain dryer, taking into account the probabilistic nature of the conditions for their functioning.



С. 217

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ СПОСОБОМ**Доктор технических наук **М.М. БЕЗЗУБЦЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: mysnegana@mail.ru)

Кандидат технических наук **В.С. ВОЛКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: vol9795@yandex.ru)

Аспирант **Х.А. АБДУРАХМАНОВ**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: hasanjon-93@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: электромеханические диспергаторы, результаты измельчения, проектирование, селективность*

Представленные в статье результаты исследований носят прикладной характер и содержат практические рекомендации для совершенствования характеристик существующих в настоящее время электромеханических диспергаторов, внедрение которых в технологические линии позволит повысить энергоэффективность производств отечественной промышленности. На современном этапе научного развития тема разработки энергоэффективных диспергаторов, обеспечивающих высокую селективность процесса измельчения сельскохозяйственного сырья, является актуальной. Одним из новых принципов организации измельчающего усилия является способ механоактивации в магнитооживленном слое, основанный на применении постоянного по знаку и регулируемого по величине электромагнитного поля, воздействующего на ферромагнитные размольные элементы, внесенные в рабочий объем (пространство между смещающимися поверхностями) в смеси с обрабатываемым продуктом. В статье описана конструктивная форма аппарата нового типа, представляющая предмет изобретения. Приведена схема автоматизации. Выявлены режимы работы аппарата, при которых обеспечивается выход продукта с заданными технологией параметрами. Практическое использование электромеханического способа диспергирования позволяет интенсифицировать технологические схемы перерабатывающих производств АПК и снизить энергоемкость продукции. Выявлено, что внедрение ЭДМ в аппаратно-технологические линии перерабатывающих производств АПК позволяют: совместить процессы среднего и тонкого измельчения с исключением многостадийного диспергирования; сократить технологические потери сырья на стадиях переработки за счет получения продукта с рациональным фракционным составом; заменить импортное оборудование отечественным; создать автоматическую систему управления процессом измельчения с небольшими затратами мощности.

Р. 217

**STUDY OF THE PROCESS OF MATERIALS GRINDING BY ELECTROMECHANICAL WAY**Doctor of Technical Sciences **M.M. BEZZUBTSEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: mysnegana@mail.ru);

Candidate of Technical Sciences **V.S. VOLKOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: vol9795@yandex.ru)

Postgraduate Student **H.A. ABDURAKHMANOV**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: hasanjon-93@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: electromechanical dispersants, grinding results, design, selectivity*

The research results presented in the article are applied in nature and contain practical recommendations for improving the characteristics of currently existing Electromechanical dispersants, the introduction of which in technological lines will increase the energy efficiency of domestic industry. At the present stage of scientific development, the theme of developing energy-efficient dispersants that provide high selectivity of the process of grinding agricultural raw materials is relevant. It is shown that the strategy of development of agricultural enterprises provides for the integrated development of food and processing industry, taking into account the main directions of functioning of agricultural production. Moral and physical deterioration of fixed assets of enterprises requires their renewal on the basis of the implementation of knowledge-intensive approaches and innovative solutions. One of the new principles of the organization of the grinding force is a method of mechanical activation in a magnetically liquefied layer, based on the use of a constant sign and a variable magnitude electromagnetic field acting on ferromagnetic grinding elements introduced into the working volume (the space between the shifting surfaces) in a mixture with the processed product. The article describes the constructive form of the apparatus of a new type, representing the subject of the invention. The automation scheme is given. The modes of operation of the device at which the output of the product with the parameters set by the technology is provided are revealed. The practical use of the Electromechanical method of dispersion allows to intensify technological schemes of agro-industrial processing plants and reduce the energy intensity of products. It is revealed that the introduction of EDM in the hardware and technological lines of processing industries of agroindustrial complex allows: to combine the processes of medium and fine grinding with the exception of multistage dispersion; to reduce the technological losses of raw materials at the stages of processing by obtaining a product with a rational fractional composition; to replace imported equipment with domestic; to create an automatic control system for the grinding process with low power costs.

C. 223

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕЛКОВОГО КОМБИКОРМА**

Доктор технических наук **В.С. КУРАСОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», e-mail: igorp85@bk.ru)

Кандидат технических наук **И.Е. ПРИПОРОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», e-mail: igorp85@bk.ru)  
350044, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

*Ключевые слова: белковый корм, семена подсолнечника, технология приготовления, машина вторичной очистки, экструдер*

Для обеспечения сельскохозяйственного животного необходимыми витаминами и питательными веществами в качестве балансирующей добавки (солома), кроме основных кормов, применяются отходы сельского хозяйства, в качестве которых могут быть отходы вторичной очистки вороха семян подсолнечника на воздушно-решетных зерноочистительных машинах в виде жмыха, а также продукты переработки сахарной свеклы (силос). Жмых подсолнечный является высокобелковым кормом, в котором содержится до 40% протеина и скармливают в пределах 5-20% в зависимости от возраста сельскохозяйственного животного. Существует необходимость в более детальной разработке рационов кормления, включающих в состав такой набор кормов, который

обеспечивал животное количеством энергии, питательных веществ и витаминов. Повышение качества приготовления комбикорма с отходами семян подсолнечника в виде жмыха, а также продуктами переработки сахарной свеклы позволит расширить их рацион при кормлении сельскохозяйственных животных. Научные разработки по совершенствованию технологий приготовления белкового корма проводятся на кафедре «Тракторы, автомобили и техническая механика» ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина». В статье приведены недостатки существующих способов получения белковых кормов и на их основе предложена технология их приготовления. Технология приготовления комбинированного корма для сельскохозяйственных животных позволит повысить питательные свойства корма по калорийности и содержанию витаминов (каротин, витамин С, органические кислоты), что способствует повышению качества молока и масла, их пищеварению, а также повысит содержание клетчатки в виде соломы. Данная технология позволяет повысить среднесуточной удой молока на 10-15%, а привес на 5-8%.

P. 223

### JUSTIFICATION OF APPLICATION OF TECHNOLOGY OF PREPARATION OF PROTEIN COMPOUND FEED

Doctor of Technical Sciences **V.S. KURASOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», e-mail: igorp85@bk.ru)

Candidate of Technical Sciences **I.E. PRIPOROV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», e-mail: igorp85@bk.ru)

350044, Russian Federation, Krasnodar region, Krasnodar, Kalinina str., 13

*Keywords: protein feed, sunflower seeds, cooking technology, secondary cleaning machine, extruder*

To provide the agricultural animal with the necessary vitamins and nutrients as a balancing additive (straw) in addition to basic feed, agricultural waste is used, which can be the waste of secondary cleaning of a pile of sunflower seeds on air-sieve grain cleaning machines in the form of sunflower oil meal, as well as products of sugar beet processing (silage). Sunflower oil meal is a high-protein feed, which contains up to 40% protein and is fed within 5-20% depending on the age of the farm animal. There is a need for more detailed development of feeding diets, including a set of feed that provides the animal with the amount of energy, nutrients and vitamins. Improving the quality of combined fodder preparation with waste sunflower seeds in the form of sunflower oil meal, as well as products of sugar beet processing will expand their diet when feeding farm animals. Scientific developments on improvement of preparation technologies of protein forage are carried out by authors at Department "Tractors, cars and technical mechanics at Kuban SAU of a name of I.T. Trubilin". The article presents the shortcomings of existing methods of obtaining protein feeds and on their basis the technology of their preparation is proposed. The disadvantages of the existing methods are the inability to obtain nutritious food in calories, low content of vitamins (carotene, vitamin C, organic acids) and poor quality of milk and oil, which contributes to the digestion of the farm animal, as well as low fiber content. The technology of preparation of combined fodder for agricultural animals will improve the nutritional properties of food for caloric and vitamin content (carotene, vitamin C, organic acids) that contributes to the quality of milk and butter for their digestion and increase fiber content in the straw. This technology allows you to increase the average daily milk yield by 10-15%, and weight gain by 5-8%.

С. 228

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА САПРОПЕЛЕ-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Доктор технических наук, профессор **В.В. МОРОЗОВ**  
(ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия»)

Старший преподаватель **Л.Н. САВЕЛЬЕВА**  
(ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия»,  
e-mail: luida\_1978@bk.ru)

182112, Российская Федерация, Псковская обл., г. Великие Луки, пр-т. Ленина, д. 2.

*Ключевые слова: сапропель, минеральные удобрения, барабанно-лопастной смеситель, качество смеси*

В сапропеле содержатся в большом количестве органические и минеральные вещества, натрий, калий, фосфор, витамины, аминокислоты, биологически активные вещества и представляющие наибольший интерес гуминовые кислоты. Полезные свойства сапропеля оказывают благотворное действие и на растения, и на почву.

При проведении экспериментов объектом исследования являлась сапропеле-минеральная смесь рецептурой, рассчитанной для внесения под зерновые культуры, включающая органический сапропель и минеральные добавки в виде карбамида, двойного суперфосфата и хлористого калия. Данные минеральные компоненты были выбраны исходя из условий смешиваемости, которые позволяют смешивать эти виды удобрений за неопределенное время до внесения в почву.

Исследования технологических параметров и режимов работы барабанного смесителя с лопастями, расположенными на внутренней стенке барабана под углом по отношению к радиальному направлению, проводили на лабораторной установке.

Для экспериментальных исследований барабанно-лопастного смесителя использовали методику многофакторного эксперимента, выполненного на основе результатов исследований, в результате которого получено уравнение регрессии зависимости качества смесеобразования от факторов: а – количество лопаток на внутренней стенке барабана, в – ширина лопатки, n – частота вращения барабана,  $\varepsilon$  – угол наклона лопатки.

Принимая во внимание значения коэффициентов полученной математической модели, анализируя поверхность отклика, отмечаем наилучшее качество перемешивания при количестве лопаток от 5 до 7 штук. Частота вращения барабана при этом находится в пределах 30-40 мин<sup>-1</sup>, дальнейшее её увеличение влечет нарушение процесса перемешивания, что связано с увеличением влияния центробежной силы, действующей на смешиваемые материалы. При этом процесс осыпания материала с перегородок при вращении барабана прекращается.

Наибольшее значение однородности смеси достигается при ширине лопатки от 150 до 170 мм, дальнейшее увеличение снижает качество перемешивания за счет того, что материал при вращении не успевает осыпаться с лопатки.

Таким образом, обоснование конструктивных и технологических параметров барабанно-лопастного смесителя позволяет получить однородную смесь сапропеле-минеральных удобрений.

Р. 228

**WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF SAPROPEL-MINERAL FERTILIZERS**

Doctor of Technical Sciences, Professor **V.V. MOROZOV**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«State Agricultural Academy of Velikie Luki»)

Senior lecturer **L.N. SAVELIEVA**  
(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «  
State Agricultural Academy of Velikiye Luki», e-mail: luida\_1978@bk.ru)  
182112, Russian Federation, Pskov region, Velikie Luki, Lenin Ave., 2

*Keywords: spropel, mineral fertilizers, drum-blade mixer, the quality of the mixture*

Sapropel contains large amounts of organic and mineral substances, sodium, potassium, phosphorus, vitamins, amino acids and biologically active substances as well as humic acids that are of a particular interest. Sapropel properties themselves influence favorably both plants and soil.

The research object in the experiments is sapropel-mineral mixture intended for grain crops, that includes the organic sapropel and mineral additives such as carbamide, triple superphosphate and potassium chloride. Those components are chosen on the miscibility criterion which makes it possible to mix these fertilizer types some indefinite time before introducing them into the soil.

The examination of process-dependent parameters and operating regimes of the drum mixer with blades placed on the internal drum surface angularly to the radial direction has been conducted with the help of a laboratory-scale plant.

The multi-factor experimental method on the basis of the previously carried out research is used to derive a regression equation for the dependence of the mixing quality on the following factors – a – quantity of blades on the internal surface of the drum, b – blade width, n – drum's rotary speed and  $\alpha$  – blade angulation.

Considering the coefficient values in the derived mathematical model and analyzing the yield surface, the authors state that the best mixing quality is achieved with 5-7 blades. The drum's rotary speed is in the range of 30-40 min<sup>-1</sup>, further speed increasing leads to deviations in the mixing process owing to the increase of the centrifugal force affecting the materials being mixed. What is more, the material slipping off from drum partition plates stops.

The largest value of is possible with the blade width of 150 up to 170 mm, a further increase decreases the mixing quality owing to the fact that the material while being rotated is unable to slip off the blades.

Thus, finding out design and process-dependent parameters for the bladed drum mixer allows a homogeneous mixture of sapropel-mineral fertilizers.

C. 235

### **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЕННОГО ЗЕРНА**

Кандидат технических наук **Н.Н. КУЗНЕЦОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»,  
e-mail: 027781@mail.ru)

Кандидат технических наук **Р.А. ШУШКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»,  
e-mail: roma970@mail.ru)

Кандидат технических наук **В.Н. ВЕРШИННИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»,  
e-mail: viknikver@mail.ru)

160555, Российская Федерация, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, д. 2

*Ключевые слова: имитационное моделирование, зерновой ворох, семенное зерно, фуражное зерно, фракционирование, сушка зерна*

Для математического моделирования послеуборочной обработки зерна разработана программа имитационной модели на языке GPSS. Данная программа позволяет выполнить компьютерное имитационное моделирование работы зерноочистительно-сушильного пункта, как при сушке всего поступившего зернового вороха в семенном режиме, так и имитационное моделирование работы ЗОСП с выделением из общего зернового вороха на машинах предварительной очистки до

30% зерна в фуражную фракцию. После выделения фуражной фракции происходит обработка семенной фракции, составляющей 70% от общего объёма семенного вороха. Обработка этой фракции происходит в семенном режиме работы оборудования ЗОСП. После завершения сушки зерна семенной фракции будет высушена фуражная фракция. Обработка этой фракции будет происходить в фуражном режиме работы сушилки, а операции первичной, вторичной и триерной очистки выполняться не будут.

Реализация модели предполагает практическое использование результатов моделирования для определения пропускной способности технологической линии обработки зернового вороха.

В статье представлены результаты компьютерного моделирования по исследованию работы технологической линии послеуборочной обработки семенного зерна без выделения и с выделением фуражной фракции до сушки. По результатам моделирования выяснили, что общее время обработки 120 тонн зернового вороха без выделения фуражной фракции до сушки составляет 14,6 часа, а с выделением фуражной фракции до сушки время обработки такого же количества зерна сократилось до 11,2 часа.

Анализ результатов моделирования показал, что пропускная способность всей технологической линии зерноочистительно-сушильного пункта за счёт выделения фуражной фракции из зернового вороха до его сушки возрастает в 1,3 раза.

P. 235

#### **THE SIMULATION MODELING OF FUNCTIONING OF THE TECHNOLOGICAL LINE OF POST-HARVEST TREATMENT OF SEED GRAIN WITHOUT AND WITH FORAGE FRACTIONATION BEFORE DRYING**

Candidate of Technical Sciences **N.N. KUZNETSOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin», e-mail: 027781@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences **R.A. SHUSHKOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin», e-mail: roma970@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences **V.N. VERSHININ**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin», e-mail: viknikver@mail.ru)  
160555, Russian Federation, Vologda, Molochnoe, Shmidta, 2

*Keywords: simulation modeling, grain heap, seed grain, forage grain, fractionation, grain drying*

For the mathematic modeling of post-harvest treatment of grain the program of the simulation model was developed in GPSS language. The program allows performing the computer simulation modeling of functioning of a grain-cleaning drying station (GCDS), as by drying of the entire received grain heap in the seed mode, so and the simulation modeling of functioning of the GCDS with forage fractionation from the total grain heap on the machines of primary cleaning up to 30% of grain. After forage fractionation the treatment of seed fraction is carried out making 70% from the total volume of seed heap. The treatment of this fraction takes place in the seed mode operation of the equipment of the GCDS. The forage fraction is dried out after the finalizing of drying of grain of the seed fraction. The treatment of this fraction takes place in forage mode of functioning of a dryer; the operations of the primary, secondary and tertiary cleaning aren't carried out.

The implementation of the model supposes the use of the results of the modeling for evaluation of throughput capability of the technological line of grain heap treatment.

The results of the computer modeling on the study of functioning of the technological line of post-harvest treatment of seed grain are introduced in the article without and with forage fractionation before drying.

Based on the results of the modeling it was found out that the total time of the treatment of 120 tons of a grain heap without forage fractionation before drying made 14,6 hours, and with forage fractionation before drying the time of the treatment of the same amount of grain was reduced up to 11,2 hours.

The analysis of the results of the modeling showed that the throughput capability of the entire technological line of the grain-cleaning drying station by means of forage fractionation from grain heap before its drying increased by 1,3 times.

C. 240

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ В РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНО-РОТОРНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

Кандидат технических наук **А.И. СУХОПАРОВ**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: sukhoparov\_ai@mail.ru)

196624, Россия, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Фильтровское ш., д. 3, кор. 2

Старший преподаватель **И.И. ИВАНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина», e-mail: kadyichina@mail.ru)

Кандидат физико-математических наук **Ю.А. ПЛОТНИКОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина», e-mail: jplotnikova@yandex.ru)

160555, Российская Федерация, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, д. 2

*Ключевые слова: вращающаяся поверхность, осесимметричная поверхность, движение частицы, ускоритель, общее уравнение динамики, неинерциальная система отсчета, измельчитель.*

В статье представлены подходы к формированию общей расчетной схемы по моделированию движения частицы по осесимметричной вращающейся криволинейной поверхности с вертикальной осью вращения. Для описания сложного движения частицы по заданной поверхности использовалось основное уравнение динамики точки в неинерциальной системе отсчета, при проецировании которого на оси цилиндрических координат получены дифференциальные уравнения Лагранжа первого рода.

Математическая модель движения строится на основе пошагового численного интегрирования полученной замкнутой системы дифференциальных уравнений с уравнением связи, описывающим поверхность вращения.

По предложенному алгоритму на языке C# разработана программа, предоставляющая возможность графического и числового контроля результатов расчета. Интерфейс программы содержит шесть экранных форм с табличными исходными данными и таблицей пошагового расчета результатов; графики перемещений, скорости и ускорений частицы, построенные по осям системы цилиндрических координат  $\rho$  и  $z$ ; графическое изображение образующей поверхности вращения и траектории абсолютного движения частицы по вращающейся осесимметричной поверхности, построенной в полярных координатах. Представлены примеры расчета движения частицы. Использование полученных результатов возможно для исследования и проектирования машин, например, центробежно-роторных измельчителей.

P. 240

### SIMULATION OF PARTICLE MOTION IN THE WORK AREA OF CENTRIFUGAL-ROTARY SHREDDER

Candidate of Technical Sciences **A.I. SUKHOPAROV**

(Institute of Agroengineering and environmental problems of agricultural production-branch of fgbi FNC  
VIM, e-mail: sukhoparov\_ai@mail.ru)

196624, Russian Federation, Saint-Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoe sh., 3, cor. 2

Senior lecturer **I.I. IVANOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin», e-mail: kadyichina@mail.ru)

Candidate of physical and mathematical Sciences **Yu.A. PLOTNIKOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin», e-mail: japlotnikova@yandex.ru)

160555, Russian Federation, Vologda, Molochnoe, Shmidta, 2

*Keywords: rotating surface, axisymmetric surface, particle motion, accelerator, general equation of dynamics, non-inertial frame of reference, shredder*

The article presents approaches to the formation of a general design scheme for modeling the motion of a particle on an axisymmetric rotating curved surface with a vertical axis of rotation. To describe the complex motion of a particle on a given surface, the basic equation of the dynamics of a point in a non-inertial frame of reference was used when projecting it on the axis of cylindrical coordinates, differential Lagrange equations of the first kind were obtained.

The mathematical model of motion is based on a step-by-step numerical integration of the resulting closed system of differential equations with the coupling equation describing the surface of rotation.

According to the proposed algorithm in the C# language, a program is developed that provides the possibility of graphical and numerical control of the calculation results. The program interface contains six screen forms with tabular initial data and a table of step-by-step calculation of the results; graphs of displacements, velocities and accelerations of the particle built on the axes of the cylindrical coordinate system  $p$  and  $z$ ; graphical representation of the forming surface of rotation and the trajectory of the absolute motion of the particle on the rotating axisymmetric surface built in polar coordinates. Examples of particle motion calculation are presented. Use of the obtained results is possible for research and design of machines, for example, centrifugal-rotary grinders.

C. 249

### ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЛАЗЕРОМ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Кандидат сельскохозяйственных наук **В.В. КРАСИЛЬНИКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» e-mail: 79511959887@yandex.ru)

Кандидат педагогических наук **О.Г. ДОЛГОВЫХ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: perechvat@mail.ru)

Кандидат технических наук **А.Б. СПИРИДОНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: anbs88@bk.ru)

426069, Российская Федерация, Удмуртская Республика, г.Ижевск, ул.Студенческая, д. 11



*Ключевые слова: предпосевная обработка, лазерное облучение, лазер, урожайность*

Статья посвящена актуальным в настоящее время вопросам по возможному способу увеличения урожайности и качества сельскохозяйственных культур, которые складываются из основных элементов её структуры: густоты продуктивного стеблестоя на единицу площади и продуктивности соцветия. Предпосевная обработка семян имеет неоспоримое преимущество, так как правильно и качественно подготовленные к посеву семена – одно из главных условий формирования оптимальной структуры урожайности. На сегодняшний день существует множество методов, способов предпосевной обработки.

В статье представлены экспериментальные данные исследования влияния обработки семян лазерным излучением красного оптического диапазона с различными режимами на урожайность яровой пшеницы Иргина. Представлено специально разработанное экспериментальное устройство с электрической схемой управления лазерной обработки семян. Представлены результаты научных исследований по определению дозы облучения для увеличения биологической урожайности. Результаты анализа полученных данных предпосевной лазерной обработки свидетельствуют: о существенном увеличении густоты продуктивных стеблей в опытных образцах, соответственно, на 47 и 63 шт./м<sup>2</sup> относительно контроля, где этот показатель составил 419 шт./м<sup>2</sup>; о повышении продуктивности колоса – масса зерна в контроле составила 0,57 г, в то время как при лазерной обработке с различными дозами масса зерна с колоса составила 0,62-0,64 г.; количество зёрен в колосе яровой пшеницы в варианте без обработки составило 18,0 шт., в то время как в обработанном колосе – 20,1-20,5 шт.

Подтверждено предположение о том, что применение лазерной предпосевной обработки семян при рациональных средних дозах облучения оказывает благотворное воздействие и способствует существенному повышению густоты продуктивного стеблестоя и продуктивности колоса.

P. 249

#### **EFFECT OF PRE-SOWING LASER SEED TREATMENT ON THE SPRING WHEAT PRODUCTIVITY**

Candidate of Agricultural Sciences **V.V. KRASILNIKOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Izhevsk State Agricultural Academy», e-mail: 79511959887@yandex.ru)

Candidate of Pedagogic Sciences **O.G. DOLGOVYKH**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Izhevsk State Agricultural Academy», e-mail: perechvat@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences **A.B. SPIRIDONOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Izhevsk State Agricultural Academy», e-mail: anbs88@bk.ru)  
426069, Russian Federation, Udmurt Republic, Izhevsk, Studentskaya, 11

*Keywords: pre-sowing treatment, laser irradiation, laser, productivity*

The article is devoted to current issues on a possible way to increase the yield and quality of crops, which are made up of the main elements of its structure: the density of productive plant stand per unit area and the productivity of inflorescences. Pre-sowing seed treatment has an undeniable advantage, since correctly and qualitatively prepared seeds for sowing are one of the main conditions for the formation of an optimal yield structure. Today, there are many ways and methods of pre-sowing treatment.

The article presents experimental research data on the effect of seed treatment of the red optical range laser radiation of the various modes on the yield of spring wheat "Irgina", a specially designed experimental device with an electrical control circuit for laser seed treatment. There are also presented the results of scientific studies on the determining the dose of radiation to increase biological productivity. The data analysis results of the pre-sowing laser treatment indicate: a significant increase of the density of productive stems in the experimental samples by 47 and 63 units / m<sup>2</sup>, respectively, relative to the control,

where this figure was 419 units / m<sup>2</sup>; increase in spike productivity - the grain weight in the control was 0.57 g, while in the samples, in which laser treatment with different doses was applied, the grain weight from the one ear was 0.62 ... 0.64 g; the number of grains in the spring wheat ear, which amounted to 18.0 units in the version without laser treatment, while in the version with treatment its amount was 20.1 ... 20.5 units.

The assumption that the use of pre-sowing laser seed treatment with rational average radiation doses has a beneficial effect and contributes to a significant increase in the density of productive stalk and plant stand yield is confirmed.

C. 256

**ВЫРАЩИВАНИЕ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР В СВЕТОКУЛЬТУРЕ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ  
РАСТВОРОВ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Соискатель **А.П. МИШАНОВ**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», e-mail: amishanov@mail.ru)  
196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д.3

Доктор технических наук **С.А. РАКУТЬКО**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: sergej1964@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

Кандидат сельскохозяйственных наук **А.Е. МАРКОВА**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», e-mail: markova.anna@mail.ru)  
196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д.3

*Ключевые слова: светокультура, салат, электрохимическая активация, непроточная система, элементы питания, урожайность, сухое вещество*

В статье приводятся результаты исследования выращивания салата листового сорта Афицион в непроточных замкнутых системах на основе труб ПВХ без принудительного перемешивания с использованием электрохимически активированных (ЭХА) питательных растворов. Управление процессом выращивания осуществляли в автоматическом режиме с использованием современных аналоговых и цифровых элементов. Трубы заполняли ЭХА питательным раствором макро – и микроэлементов до погружения нижней части стаканчика PR-306 в питательный раствор на глубину 6 мм (объем раствора 13 л/трубу) и по мере его потребления растениями до 12 литров добавляли 1 л электрохимически активированного питательного раствора, откорректированного по показателям: рН, окислительно-восстановительному потенциалу (мВ), электропроводности (мСм/см). Питательные растворы начинали применять для сеянцев салата в фазе 2-х настоящих листьев (10 дней от всходов). Продолжительность выращивания рассады – 28 дней при фотопериоде 24 часа и уровне освещенности 12 кЛк. В качестве источников света использовали натриевые лампы ДНаЗ Супер/Reflux S 400 Вт. Питательные растворы на катодной воде (доза удобрений уменьшена на 1/3 от полной) и на смеси катодной с анодной водой в соотношении 1:0,5 (полная доза) обеспечивали урожайность салата – 3,34 и 3,35 кг/м<sup>2</sup> (контроль – 3,35 кг/м<sup>2</sup>). Биологическая активность питательных растворов (катодная вода и смесь катодной и анодной воды) оказывала влияние на выход сухого вещества (0,215 и 0,226 кг/м<sup>2</sup> к контролю 0,176 кг/м<sup>2</sup>).

P. 256

**LEAF VEGETABLES CULTIVATION IN INDOOR PLANT LIGHTING USING  
ELECTROCHEMICAL ACTIVATION OF NUTRIENT SOLUTIONS AND INTELLECTUAL  
CONTROL SYSTEM**

Applicant **A.P. MISHANOV**

(Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM»,  
e-mail: amishanov@mail.ru)

196625, Russian Federation, Saint-Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoe shosse, 3

Doctor of Technical Sciences **S.A. RAKUTKO**

(FSBEI HE «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: sergej1964@yandex.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Candidate of Agricultural Sciences **A.E. MARKOVA**

(Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM»,  
e-mail: markova.anna@mail.ru)

196625, Russian Federation, Saint-Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoe shosse, 3

*Keywords: indoor plant lighting; lettuce; electrochemical activation; non-circulating hydroponics systems; nutrition element; plant yield; dry matter*

The article presents the study results of growing the loose-leaf lettuce variety “Aficion” in the non-circulating hydroponics systems based on the PVC tubes without the forced mixing and using the electrochemically activated nutrient solutions. The growing process was controlled automatically by the advanced analog and digital elements. The pipes were filled with the electrochemically activated nutrient solution of macro- and microelements before the lower part of PR-306 pots was immersed in the nutrient solution to a depth of 6 mm, with the solution volume being 13 l/pipe. As the plants consumed up to 12 litres of the solution, one litre of electrochemically activated nutrient solution adjusted by pH, oxidation reduction potential (mV), and electric conductivity (mS/sm) was added. Application of nutrient solutions under the lettuce seedlings started in the phase of two true leaves or ten days from germination. The seedlings growing period was 28 days, with photoperiod being 24 hours and the illumination level being 12 kilolux. Reflux S 400 lamps were used as light sources. Nutrient solutions with the cathodic water (the fertilizer rate was reduced by 1/3 of the total) and with the mixture of cathodic and anodic water in the ratio of 1: 0.5 (full fertilizer rate), provided the lettuce yield of 3.34 and 3.35 kg/m<sup>2</sup>, with the check variant yield being 3.35 kg/m<sup>2</sup>. The biological activity of the nutrient solutions (cathodic water and the mixture of cathodic and anodic water) affected the dry matter yield in plants: 0.215 and 0.226 kg /m<sup>2</sup> versus 0.176 kg /m<sup>2</sup> in the check variant.

C. 261

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ОКОНЧАНИЯ  
СУШКИ ПО ХАРАКТЕРУ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ МАТЕРИАЛА**

Доктор технических наук **М.С. ВОЛХОНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Костромская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: vms72@mail.ru)

Кандидат технических наук **И.А. СМІРНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Костромская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: iwan-smirnow@rambler.ru)

Старший преподаватель **И.А. ДЖАББАРОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Костромская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: idzhabbarov@yandex.ru)

Аспирант **М.Г. ЧУПЕРКА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: mike\_9427@mail.ru)  
156530, Российская Федерация, Костромская область, Костромской район, пос. Караваяево, Учебный городок, Караваяевская с/а, д. 34.

*Ключевые слова: сушилка, кинетика сушки, управление сушилкой, экспозиция сушки*

При сушке зерна существует проблема точности определения влажности материала, особенно в потоке по причинам сложности конструкции влагомеров, высокой погрешности измерений, кроме этого, они обладают высокой стоимостью и сложно монтируются в сушилки. Из-за погрешности измерений датчиками затруднено определение окончания сушки зерна, на выходе из сушилок наблюдается разброс влажности зерен. При этом возможен режим пересушивания зерна, при котором перерасход энергии достигает 58,3 МДж на 1% излишне испаренной влаги с высушенной тонны. При недосушке оператор технологической линии осуществляет повторный пропуск зерна через сушилку, что приводит к снижению ее производительности и травмированию влажного зерна от дополнительного взаимодействия с рабочими органами машин.

С целью уменьшения затрат энергии на сушку и повышения качества семенного материала разработан способ контроля окончания сушки без использования влагомеров. Способ основан на постоянном контроле температуры семян и поиске участка, на котором происходит температурный скачок по причине обезвоживания семян. В соответствии с кинетикой сушки капиллярно-пористых коллоидных тел в момент начала интенсивного роста температуры влажность семян близка к кондиционной.

Разработано устройство определения окончания сушки зерна по характеру изменения температуры в процессе их обезвоживания. Устройство состоит из пирометрических датчиков, соединённых с измерительной схемой индикаторного блока, микропроцессора и блока получения и обработки данных, обратных линий связи. Управляющие линии связаны с приводом выпускного устройства при использовании устройства в сушилках непрерывного действия, при использовании в сушилках периодического действия с системой управления работой теплогенератора.

Разработанное устройство прошло проверку в производственных условиях. При сушке высоковлажных семян сои в сушилке плотного слоя с его помощью точно определяется время окончания теплового воздействия на семена при достижении ими влажности 11,4–12,0%, соответствующей кондиционной.

P. 261

#### **DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE DEVICE WORK FOR OF DRYING FINISH CONTROL BY THE CHARACTER OF MATERIAL TEMPERATURE CHANGE**

Doctor of Technical Sciences **M.S. VALKANOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», e-mail: vms72@mail.ru)

Candidate of Technical Sciences **I.A. SMIRNOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», e-mail: iwan-smirnow@rambler.ru)

Senior Lecturer **I.A. JABBAROV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», e-mail: idzhabbarov@yandex.ru)

Postgraduate Student **M.G. CIUPERCA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», e-mail: mike\_9427@mail.ru)

156530, Russian Federation, Kostroma region, Kostroma district, village Karavaevo, training town, Karavaevskaya s/a, d. 34

*Keywords: dryer, drying kinetics, drying control, drying exposure*

When drying grain, there is a problem of accuracy for the material moisture content determining, especially in the flow due to the complexity of moisture meters design, high measurement error, in addition, they have a high cost and are difficult to install in dryers. Due to the measurement error by the sensors, it is difficult to determine the end of grain drying; at the exit from the dryers, a dispersion of grain moisture is observed. In this case, the regime of grain over-drying is possible, in which the energy expenditure reaches 58.3 MJ per 1% of excessively evaporated moisture from the dried ton. In case of a lack of drying, the operator of the processing line re-passes the grain through the dryer, which leads to a decrease in its productivity and injury to wet grain from additional interaction with the working bodies of the machines.

In order to reduce energy costs for drying and improve the quality of seed material, a method for controlling the end of drying without the use of moisture meters has been developed. The method is based on the constant monitoring of the temperature of the seeds and the search for the area where the temperature jump occurs due to dehydration of the seeds. In accordance with the kinetics of drying of capillary-porous colloidal bodies, at the moment of the beginning of an intensive temperature increase, the seed moisture is close to conditional.

A device has been developed to determine the end of grain drying by the nature of temperature changes during their dehydration. The device consists of pyrometric sensors connected to a measuring circuit of an indicator unit, a microprocessor and a unit for receiving and processing data, and reverse communication lines. The control lines are connected to the drive of the exhaust device when using the device in continuous dryers, when used in periodic dryers with a control system for the operation of the heat generator.

The developed device has been tested in a production environment. When drying high-moisture soybean seeds in a dense-layer dryer, it accurately determines the time of termination of the thermal effect on the seeds when they reach a moisture content of 11.4–12.0%, corresponding to the conditional one.

## Требования к научным статьям, публикуемым в журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета»

### Уважаемые коллеги!

Санкт-Петербургским государственным аграрным университетом издается журнал «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета». С 2007 года журнал включен в утвержденный ВАК Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, где публикуются основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора или кандидата наук, а также в базу данных международной информационной системы AGRIS, в библиографическую базу данных - Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и размещается на официальном сайте ФГБОУ ВО СПбГАУ. Подписной индекс – ВН 017771. Статьям присваивается DOI (цифровой идентификатор объекта). В журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» публикуются статьи по следующим группам специальностей:

- 06.01.00 Агрономия (сельскохозяйственные науки);
- 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния (сельскохозяйственные науки);
- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем (технические науки).

**Основные требования к статьям, предоставляемым для публикации в журнале:**

1. Статья должна соответствовать основным научным направлениям журнала, а также содержать результаты научных исследований, теоретические, практические (инновационные) разработки, готовые для использования и являющиеся актуальными на современном этапе научного развития.

2. Размер текста статьи должен составлять 7-10 страниц на листах А4, шрифт Times New Roman, шрифт 14, межстрочный интервал – 1,5.

3. В редакционно-издательский отдел необходимо предоставить следующие материалы:

- **текст статьи** на русском языке в бумажной версии (для сторонних авторов – электронной; формат файла: doc, docx; на эл.почту [izvestiya@spbgau.ru](mailto:izvestiya@spbgau.ru)) согласно требованиям к структуре и содержанию статьи с обязательным указанием контактных телефонов авторов; **допускается не более 3-х авторов;**

- **аннотацию (200 – 250 слов)** на русском и английском языках; **ключевые слова (не более 7 слов)** на русском и английском языках; **информацию об авторе** (авторах) статьи на русском и английском языках (электронная почта, место работы, адрес места работы).

Правила оформления статьи:

- номер УДК (12 шрифт светлый);
- ученая степень, (шрифт 12 строчный), **и.о. фамилия** (шрифт 12 жирный прописной);
- место работы (шрифт 12 строчный), e-mail (шрифт 12 строчный) в скобках;
- **название статьи** (шрифт 14 жирный прописной);
- основной текст (шрифт 14 строчный);
- пристатейный библиографический список (шрифт 12 строчный); «**Л и т е р а т у р а**» (шрифт 12 строчный жирный, разреженный);

Текст статьи необходимо структурировать, используя подзаголовки соответствующих разделов: **введение; цель исследования; материалы, методы и объекты исследования; результаты исследования; выводы** (отмечать подзаголовки жирным шрифтом), библиографический список. **Библиографический список: не менее 10 источников**, включая иностранные, оформляется общим списком в конце статьи и представляется на русском языке и **в транслитерации (латиницей)**. Литература должна быть оформлена в соответствии с ГОСТом Р 7.0.5-2008. Список составляется в соответствии с последовательностью ссылок в тексте (в порядке цитирования). Ссылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках, например [1].

4. Поступившие и принятые к публикации статьи проходят обязательное рецензирование и проверяются на заимствования по программе «Антиплагиат» (либо предоставляются по запросу редакции).

5. Статьи, предоставляемые в редакцию, не возвращаются. Сторонние авторы предоставляют лицензионный договор.

6. Стоимость публикации 1 страницы для сторонних авторов – 550 руб., стоимость журнала – 900 руб.

**В каждом журнале допускается публикация только одной статьи одного и того же автора.**

Редакция оставляет за собой право не регистрировать статьи, не отвечающие настоящим требованиям, а также право на воспроизведение поданных авторами материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража экземпляров. Материалы для публикаций принимаются в течение первого месяца квартала. **Подробная информация о журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» на сайте <http://spbgau.ru/izvestiya>**

ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

Ежеквартальный научный  
журнал № 4 (57)

Подписано к печати 15.12.2019 г.  
Формат 60×84 1/8. П.л. . Тираж 1000. Заказ 149.  
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов  
в Издательско-полиграфическом комплексе  
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета  
г. Пушкин, Петербургское шоссе., д. 2