

**ISSN 2077-2084**

**Том 16, №1, '2024**

**12+**

**10.36508/RSATU.2024.33.34.001**

# **ВЕСТНИК**

**РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ  
П.А. КОСТЫЧЕВА**

**АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

РГЧ





**ВЕСТНИК  
РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
имени П. А. КОСТЫЧЕВА**

*Входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки*

- 4.1.1. *Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)*
- 4.1.3. *Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)*
- 4.1.5. *Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки)*
- 4.1.5. *Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (технические науки)*
- 4.2.2. *Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки)*
- 4.2.2. *Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (биологические науки)*
- 4.2.4. *Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки)*
- 4.2.5. *Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки)*
- 4.2.5. *Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки)*
- 4.3.1. *Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)*
- 4.3.1. *Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (сельскохозяйственные науки)*
- 4.3.2. *Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)*

**Научно-производственный журнал**

Издается с 2009 года  
*Выходит один раз в квартал*  
**Том 16, № 1, 2024**

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»

**СОСТАВ**

редакционной коллегии и редакции журнала «Вестник РГАТУ»

**Главный редактор**  
**С. Н. Борычев,**  
д-р техн. наук, профессор

**Заместитель  
главного редактора**  
**Г. К. Рембалович,**  
д-р техн. наук, профессор

**Технический редактор**  
**И. В. Чивилева,**  
канд. психол. наук, доцент

**Члены редакционной коллегии:**

**О.Н. Дидманидзе,** д-р техн. наук, профессор, академик РАН

**А.С. Дорохов,** д-р техн. наук, профессор, академик РАН

**Я.П.Лобачевский,** д-р техн. наук, профессор, академик РАН

**Ю.Х. Шогенов,** д-р техн. наук, старший научный сотрудник, академик РАН

**Н.Г. Байбобоев,** д-р техн. наук, профессор  
**С.Н. Борычев,** д-р техн. наук, профессор  
**Д.В. Виноградов,** д-р биол. наук, профессор  
**М.А. Габибов,** д-р с.-х. наук, профессор  
**Г.В. Гавардашвили,** д-р техн. наук, профессор  
**П.П. Гамаюнов,** д-р техн. наук, профессор  
**В.И. Желязко,** д-р с.-х. наук, профессор  
**О.А. Захарова,** д-р с.-х. наук, доцент  
**В.В. Калашников,** д-р с.-х. наук, профессор  
**Е.А. Калашникова,** д-р биол. наук, профессор  
**Д.Е. Каширин,** д-р техн. наук, доцент  
**Л.Г. Каширина,** д-р биол. наук, профессор  
**С.С. Козак,** д-р биол. наук, профессор  
**А.А. Коровушкин,** д-р биол. наук, профессор  
**М.Ю. Костенко,** д-р техн. наук, профессор  
**В.И. Левин,** д-р с.-х. наук, профессор  
**Н.В. Лимаренко,** д-р техн. наук, профессор  
**Е.И. Лупова,** д-р с.-х. наук, доцент  
**Ю.А. Мажайский,** д-р с.-х. наук, профессор  
**В.П. Максименко,** д-р с.-х. наук, профессор  
**Н.И. Морозова,** д-р с.-х. наук, профессор  
**Ф.А. Мусаев,** д-р с.-х. наук, профессор  
**Ф.Г. Мустафаев,** д-р аграрных наук, доцент

**А.И. Новак,** д-р биол. наук, профессор  
**М.Д. Новак,** д-р биол. наук, профессор  
**Г.В. Ольгаренко,** д-р с.-х. наук, профессор  
**Г.К. Рембалович,** д-р техн. наук, профессор  
**А.И. Рязанцев,** д-р техн. наук, профессор  
**А.П. Савельев,** д-р техн. наук, профессор  
**О.В. Савина,** д-р с.-х. наук, профессор  
**В.Г. Семенов,** д-р биол. наук, профессор  
**А.А. Симдянкин,** д-р техн. наук, профессор  
**О.И. Соловьева,** д-р с.-х. наук, профессор  
**В.И. Старовойтов,** д-р техн. наук, профессор  
**О.А. Старовойтова,** д-р с.-х. наук  
**Н.М. Троц,** д-р с.-х. наук, профессор  
**И.А. Успенский,** д-р техн. наук, профессор  
**Р.Н. Ушаков,** д-р с.-х. наук, профессор  
**Д.И. Удавлиев,** д-р биол. наук, профессор  
**Л.А. Храброва,** д-р с.-х. наук, профессор  
**М.Н. Чаткин,** д-р техн. наук, профессор  
**А.Ф. Шевхужев,** д-р с.-х. наук, профессор  
**А.В. Шемякин,** д-р техн. наук, профессор  
**И.А. Юхин,** д-р техн. наук, профессор  
**К.Н. Дрожжин,** канд. с.-х. наук, доцент  
**О.А. Федосова,** канд. биол. наук, доцент

Компьютерная верстка и дизайн – **Н. В. Симонова**

Корректор – **Е. Л. Малинина**

Перевод – **В. В. Романов, И. В. Чивилева.**

Адрес редакции: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1,  
ауд. 103, тел. 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru  
Тираж 700. Первый завод 200. Заказ № 1596  
Дата выхода в свет 28.03.2024.

Регистрационная запись СМИ ПИ № ФС77-51956, зарегистрировано  
Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций 29 ноября 2012 г.  
Отпечатано в Издательстве ФГБОУ ВО РГАТУ. Адрес издательства,  
типографии: г. Рязань, ул. Костычева, д. 1., ауд. 103. Цена издания 185 руб. 50 коп.  
Подписной индекс издания в каталоге "Пресса России" 82422

**HERALD OF  
RYAZAN STATE AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY  
Named after P.A. Kostychev**

*It is included in the list of peer-reviewed scientific publications, which should publish the main scientific results of dissertations for the degree of Candidate of Science, for the degree of Doctor of Science, on scientific specialties and their respective branches of science:*

- 4.1.1. General agriculture and plant growing (Agricultural Sciences)
- 4.1.3. Agrochemistry, agricultural science, plant protection and quarantine (Agricultural Sciences)
- 4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (Agricultural Sciences)
- 4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (Technical Sciences)
- 4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary-sanitary expertise and biosafety (Veterinary Sciences)
- 4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary-sanitary expertise and biosafety (Biological Sciences)
- 4.2.4. Private zootechnics, feeding, feed preparation and livestock production technologies (Agricultural Sciences)
- 4.2.5. Breeding, selection, genetics and biotechnology of animals (Agricultural Sciences)
- 4.2.5. Breeding, selection, genetics and animal biotechnology (Biological Sciences)
- 4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (Technical Sciences)
- 4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (Agricultural Sciences)
- 4.3.2. Electrical technologies, electrical equipment and power supply of the agro-industrial complex (Technical Sciences)

Scientific-Production Journal

Issued since 2009  
issued once a quarter

**Tom 16 # 1, 2024**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev"

"RSATU Herald" EDITORIAL STAFF

**Editor in Chief**

**S. N. Borychev,**

Doctor of Technical Sciences, Full  
Professor

**Editor in Chief Deputy**

**G. K. Rembalovich,**

Doctor of Technical Sciences, Full  
Professor

**Technical Editor:**

**I.V. Chivileva,**

Candidate of Psychological Sciences,  
Associate Professor

**Editorial Staff:**

**Didmanidze Otari Nazirovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academician of the RAS  
**Dorokhov Alexey Semenovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academician of the RAS  
**Lobachevsky Yakov Petrovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academician of the RAS  
**Shogenov Yuri Khasanovich**, Doctor of Engineering Sciences, senior researcher, Academician of the RAS

**N.G. Baiboboev**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**S.N. Borychev**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**D.V. Vinogradov**, Doctor of Biology Sciences, Full Professor

**M.A. Gabibov**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**G.V. Gavardashvili**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**P.P. Gamayunov**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**V.I. Zhelyazko**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**O.A. Zakharova**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate  
Professor

**V.V. Kalashnikov**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**E.A. Kalashnikova**, Doctor of Biology. Sciences, Full Professor

**D.E. Kashirin**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**L.G. Kashirina**, Doctor of Biological Sciences, Full Professor

**S.S. Kozak**, Doctor of Biological Sciences, Full Professor

**A.A. Korovushkin**, Doctor of Biological Sciences, Full Professor

**M.Yu. Kostenko**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**V.I. Levin**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**N.V. Limarenko**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**E.I. Lupova**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

**Yu. A. Mazhaysky**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**V.P. Maksimenko**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate  
Professor

**N.I. Morozova**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**F.A. Musaev**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**M.G. Mustafayev**, Doctor of Agrarian Sciences, Associate Professor

**A.I. Novak**, Doctor of Biological Sciences, Full Professor

**M.D. Novak**, Doctor of Biological Sciences, Full Professor

**G.V. Olgarenko**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**G.K. Rembalovich**, A.I. Ryazantsev, Doctor of Engineering  
Sciences, Full Professor

**A.P. Saveliev**, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor

**O.V. Savina**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**V.G. Semenov**, Doctor of Biological Sciences, Full Professor

**A.A. Simdyankin**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**O.I. Solovyeva**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**V.I. Starovoitov**, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor

**O.A. Starovoitova**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**N.M. Trots**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**D.I. Udavliev**, Doctor of Biological Sciences, Full Professor

**I.A. Uspenskiy**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**R.N. Ushakov**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**L.A. Khrabrova**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**M.N. Chatkin**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**A.F. Shevkhuzhev**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor

**A.V. Shemyakin**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**I.A. Yukhin**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

**K.N. Drozhzhin**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate  
Professor

**O.A. Fedosova**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate  
Professor

Computer-Aided Makeup and Design – **N. V. Simonova**

Proof-Reader – **E. L. Malinina**

Translation – **V. V. Romanov, I. V. Chivileva**

Editorial address: 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1, 103 room,  
tel: 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru  
Circulation 700. The first factory is 200. №1596 Order No. Date of  
publication  
Date of publication. 28.03. 2024.

A record CMI PI № FS77-51956, registered by the Federal service for  
supervision in the spherical of communications, information technology and  
public communications on November 29, 2012  
Printed in the Publishing house of the RGATU. Address of the publishing  
house, printing house:  
Ryazan, Kostycheva str., 1., room 103. the price of the publication is 185  
rubles. 50 kopecks. Subscription index of the publication in the catalogue  
"Press of Russia" 82422



# Содержание

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

|   |    |
|---|----|
| <b>Адел Г.А., Ратошный А.Н., Хорошайло Т.А., Сердюченко И.В., Меженкова К.С.</b> Влияние белковых подкормок на скорость роста карпов парской породы   | 5  |
| <b>Бибиков С.О., Николаев С.И., Шкаленко В.В., Чехранова С.В., Даниленко И.Ю.</b> Влияние амарантового жмыха на продуктивные качества товарного карпа   | 12 |
| <b>Каширина Л.Г., Павлова Л.А.</b> Ветеринарно-санитарная оценка козьего молока, полученного под влиянием антиоксидантных препаратов  | 19 |
| <b>Клочков А.Я., Глухих Я.М., Чан Чонг Тхыонг, Чан Тхи Хай Иен, Адылина А.П.</b> Оценка воздействия некоторых видов сельскохозяйственной и лесохозяйственной деятельности на качество почвы и воды в национальном парке Суаншон, провинция Футхо. | 29 |
| <b>Ламонов С.А., Скоркина И.А., Снугирев С.О., Фолин П.Ю., Савенкова Е.В.</b> Полиморфизм генов каппа-казеина и бета-казеина у коров разных генетико-экологических популяций  | 40 |
| <b>Лупова Е.И., Вертелецкий А.И.</b> Применение регуляторов роста в технологии выращивания ярового ячменя в условиях Рязанской области  | 46 |
| <b>Садиков Р.З., Морозова Н.И., Садиков Р.Р., Морозов И.А., Мусеев Ф.А.</b> Система автоматического определения упитанности коров как инструмент поддержания оптимального физиологического состояния и здоровья коров                             | 54 |
| <b>Садиков Р.Р., Морозов И.А., Садиков Р.З., Морозова Н.И., Мусеев Ф.А.</b> Повышение производительности роботизированных доильных станций.   | 62 |
| <b>Семенов В.Г., Кондручина С.Г.</b> Эффективность биопрепаратов серий Prevention и Salus в реализации воспроизводительных и продуктивных качеств крупного рогатого скота   | 71 |
| <b>Гринюк А.Н., Неверов Е.Н., Ворошилин Р.А., Тимощук И.В.</b> Оценка влияния технологии экструдирования и гранулирования на показатели качества и безопасность белково-минеральной кормовой добавки  | 80 |

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Губайдулин Д.С., Гапич Д.С., Моторин В.А.</b> Адаптивная система управления жесткостью крепления рабочих секций чизельно-дискового орудия   | 87  |
| <b>Дидманидзе О.Н., Карелина М.Ю., Сидоров Б.Б.,</b> Методика управления возрастной структурой МТП на базе дискретных форм представления показателей ТО и ТР   | 95  |
| <b>Забара К.А, Терентьев В.В., Киселев В.А.</b> Совершенствование технологического процесса подготовки техники к хранению  | 101 |
| <b>Костенко Н.А., Костенко Н.М., Шемякин А.В.</b> О применении технологий big data в сельском хозяйстве  | 114 |
| <b>Костенко М.Ю., Жбанов М.С., Чернышев А.Д., Костенко Н.А., Желтоухов А.А.</b> Исследование коррозионных процессов в соединении «низкоуглеродистая сталь-композитный материал» картофелеуборочных машин | 119 |
| <b>Осинцев А.М., Короткий И.А., Плотников К.Б., Рынк В.В.</b> Численное моделирование системы нагрева воздуха в сушильных установках с индукционным энергоподводом                                       | 125 |
| <b>Сорокин В.Е., Бачурин А.Н., Симдянкин А.А.</b> Изменение характеристик дизельного топлива при его обработке волнами СВЧ диапазона   | 133 |
| <b>Старовойтов С.В., Арашаев А.В., Щуцкая Е.Е., Долгова А. Н.</b> Мобильная установка очистки сточных вод мойки шерсти   | 141 |
| <b>Успенский И.А., Белю Л.П., Юхин И.А., Филюшин О.В.</b> Анализ проблем транспортировки сельскохозяйственной продукции  | 147 |
| <b>Успенский И.А., Белю Л.П., Сивиркина А.С., Юхин И.А., Филюшин О.В.</b> Воздействие колебаний плодоовощной продукции на ее повреждения   | 155 |
| <b>Ушаков О.В. Костенко М.Ю.</b> Сравнительный анализ рабочих процессов кавитаторов при производстве гуминовых удобрений   | 163 |
| <b>Хозяев И.А., Полушкин О.А., Щербаков А.А., Мехралиев Р.Э.</b> Исследование влияния отражающих панелей в процессе инфракрасной сушки растительного сырья   | 174 |
| <b>Шемякин А.В., Макаров В.А., Даниленко Ж.В., Терентьев В.В.</b> Агротехнические предпосылки к вопросу исследования рабочих органов для обработки почв под картофель                                    | 181 |
| <b>Каширин Д.Е., Горшков Д.Р., Павлов В.В.</b> Исследование изменений в клеточной структуре и электрических свойствах тканей растений в результате воздействия высоким напряжением                       | 189 |
| <b>Пчёлкин А.С., Рембалович Г.К., Борычев С.Н.</b> Теоретическое исследование тепловых процессов при экструдировании зерна кукурузы  | 195 |





## Content

### AGRICULTURAL SCIENCES

|  |    |
|--|----|
| <b>Adel G.A., Ratoshny A.N., Khoroshailo T.A., Serdyuchenko I.V., Mezhenkova K.S.</b> <i>The influence of protein supplements on the growth rate of parian carp</i>  | 5  |
| <b>Bibikov S.O., Nikolaev S.I., Shkalenko V.V., Chehranova S.V., Danilenko I.Y.</b> <i>The influence of amaranth cake on the productive qualities of commercial carp</i>   | 12 |
| <b>Kashirina L.G., Pavlova L.A.</b> <i>Veterinary and sanitary examination of goat's milk under the influence of antioxidant preparations.</i>   | 19 |
| <b>Klochkov A.Ya., Glukhikh Ya.M., Chan Chong Thuong, Chan Thi Hai Yen, Adylina A.P.</b> <i>Assessment of the impact of certain types of agricultural and forestry activities on soil and water quality in Suan Son National Park, Futho Province.</i> | 29 |
| <b>Lamonov S.A., Skorkina I.A., Folin P.Yu., Snigirev S.O., Savenkova E.V.</b> <i>Polymorphism of kappa-casein and beta-casein genes in cows of different genetic and ecological populations</i>   | 40 |
| <b>Lupova E.I., Verteletsky A.I.</b> <i>The use of growth regulators in the technology of growing spring barley in the Ryazan region</i>   | 46 |
| <b>Sadikov R.Z., Morozova N.I., Sadikov R.R., Morozov I.A., Musaev F.A.</b> <i>The system of automatic determination of fatness of cows is a tool for maintaining optimal physiological health and productivity</i>                                    | 54 |
| <b>Sadikov R.R., Morozov I.A., Sadikov R.Z., Morozova N.I., Musaev F.A.</b> <i>Improving the productivity of robotic milking stations.</i>   | 62 |
| <b>Semenov V.G., Kondruchina S.G.</b> <i>The effectiveness of biopreparations of the prevention and salus series in the realization of reproductive and productive qualities of cattle.</i>  | 71 |
| <b>Grinyuk A. N., Neverov E. N., Voroshilin R. A., Timoshchuk I.V.</b> <i>Evaluation of the influence of technology of extruding and granulation on the quality and safety of protein and mineral feed additive</i>                                    | 80 |

### TECHNICAL SCIENCES

|   |     |
|---|-----|
| <b>Gubaidulin D.S., Gapich D.S., Motorin V.A.</b> <i>Adaptive Rigidity Control system for fixing working sections of chisel-disc tool</i>   | 87  |
| <b>Didmanidze O.N., Karelina M.Yu., Sidorov B.B.,</b> <i>Methodology for managing the age structure of MTP based on discrete forms of representation of maintenance and tractor indicators.</i>           | 95  |
| <b>Zabara K.A., Terentyev V.V., Kiselev V.A.</b> <i>Improving the technological process of preparing machines for storage</i>   | 101 |
| <b>Kostenko N.A., Kostenko N.M., Shemyakin A.V.</b> <i>About application of big data technologies in agriculture</i>  | 114 |
| <b>Kostenko M.Yu., Zhbanov M.S., Chernyshev A.D., Kostenko N.A., Zheltoukhov A.A.</b> <i>Research of corrosion processes in the "low carbon steel-composite material" connection of potato harvesters</i> | 119 |
| <b>Osintsev A. M., Korotkiy I. A., Plotnikov K.B., Rynk V.V.</b> <i>Numerical simulation of the induction air heating system for drying units</i>   | 125 |
| <b>Sorokin V.E., Bachurin A. N., Simdiankin A.A.</b> <i>Changes in the characteristics of diesel fuel when it is processed by microwave waves</i>   | 133 |
| <b>Starovoytov S.V., Arashaev A.V., Shchutskaya E.E., Dolgova A. N.</b> <i>Mobile wastewater treatment plant for wool washing</i>   | 141 |
| <b>Uspensky I.A., Belyu L.P., Yukhin I.A., Filyushin O.V.</b> <i>Analysis of problems of transportation of agricultural products</i>  | 147 |
| <b>Uspensky I.A., Belyu L.P., Sivirkin A.S., Yukhin I.A., Filyushin O.V.</b> <i>The impact of fluctuations in fruit and vegetable on its damage</i>   | 155 |
| <b>Ushakov O.V. Kostenko M.Yu.</b> <i>Comparative analysis of working processes of cavitators in the production of humic fertilizers.</i>   | 163 |
| <b>Khozyaev I.A., Polushkin O.A., Shcherbakov A.A., Mehraliev R.E.</b> <i>Study of the influence of reflective panels in the process of infrared drying of plant materials</i>                            | 174 |
| <b>Shemyakin A.V., Makarov V.A., Danilenko Zh.V., Terentyev V.V.</b> <i>Agrotechnical prerequisites for the study of working bodies for processing soils for potatoes</i>                                 | 181 |
| <b>Kashirin D.E., Gorshkov D.R., Pavlov V.V.</b> <i>Study of changes in the cellular structure and electrical properties of plant tissues as a result of exposure to high voltage</i>                     | 189 |
| <b>Pchelkin A.S, Rembalovich G.K., Borychev S.N.</b> <i>A kinetic study of thermal processes during the extrusion of corn grain</i>   | 195 |



# СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №1, с. 5-11  
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №1, pp. 5-11

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 639.3.043.13  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.97.61.002

### ВЛИЯНИЕ БЕЛКОВЫХ ПОДКОРМОК НА СКОРОСТЬ РОСТА КАРПОВ ПАРСКОЙ ПОРОДЫ

Гуф Афган Адел<sup>1</sup>, Александр Николаевич Ратошный<sup>2</sup>, Татьяна Анатольевна Хорошайло<sup>3</sup>✉,  
Ирина Владимировна Сердюченко<sup>4</sup>, Кристина Сергеевна Меженкова<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия

<sup>1,2,3,4,5</sup> tatyana\_zabai@mail.ru

#### Аннотация.

**Проблема и цель.** Цель работы – оценка эффективности увеличения массовой доли протеина в корме карпов с целью роста продуктивности за счет добавления в рацион рапсового шрота. Задачами исследования стали: определение взаимосвязи между количеством белка в корме и продуктивными качествами карпов, изучение динамики роста карпа при высокобелковом рационе.

**Методология.** Опыт был проведен на базе хозяйства ООО «Спецрыбзавод», занимающегося разведением осетровых, карповых и других видов рыб. Было отобрано 120 особей карпа парской породы для формирования двух равных групп. Подопытных рыб содержали в бассейнах из стеклопластика размерами 0,5х2х2 м, объем каждого составлял 1000 л, водообмен – 420 л/ч. В начале опыта проводили взвешивание рыб, далее раз в неделю до окончания контрольного выращивания. Кормили их 3 раза в сутки в: 6:00, 12:00 и 16:00 час, в это же время измерялась температура воды. Ежедневно в 12:00 измерению подвергались физико-химические показатели бассейна, которые в среднем составляли: кислород – 8,7 мг/л, рН – 7,7. На протяжении 7 недель (49 дней) карпы опытной группы получали комбикорм с повышенным содержанием протеина. В его состав входили: пшеница, соевый шрот, соевый жмых, рапсовый шрот и кровяная мука, БМВК. Комбикорм контрольной группы не содержал рапсового шрота, но по другим компонентам был идентичен. Массовая доля белка в контрольной группе составляла 35 %, в опытной – 45 % от сухого вещества рациона, ее повышение производилось за счет добавления в комбикорм рапсового шрота.

**Результаты.** В статье описаны результаты исследования по повышению доли белка в комбикорме для карпов парской породы за счет добавления рапсового шрота. Понимание роли белков в рационе рыбы помогает разрабатывать рецепты комбикормов с оптимальным химическим составом. Изучение влияния лимитов повышения белка на скорость роста карпов имеет большую актуальность и позволяет улучшить рационы для карпов с целью достижения максимального роста и развития рыбы. Для определения влияния рапсового шрота как источника дополнительного белка для карпов его добавляли в комбикорм опытной группы, с последующим сравнением результатов роста с контрольной, где его не добавляли. Исследования проводились в мае-июне 2022 года в рыбноводном хозяйстве, которое находится на территории Республики Адыгея. В нашем регионе, благодаря использованию субсидий, в последние годы было организовано множество рыбноводческих хозяйств. Одним из условий их выживания является конкурентоспособность, которая реализуется путем повышения качества производимой рыбопродукции или наращиванием темпов производства. Для повышения продуктивности рыб на примере карповых показано влияние высокобелковых рационов





на скорость их роста. В результате исследований установили, что опытная группа опережала по средним показателям увеличения массы контрольную группу на 14,61 % к концу исследования. Отобранные для исследования рыбы в начале опыта имели одинаковую массу, однако в ходе эксперимента особи, получающие корм с содержанием белка 45 %, при каждом взвешивании опережали в росте аналогов из контрольной группы, получавших корм с 35 % белка. Опыт проводился в течение 7 недель, средние показатели массы рыб опытной группы были выше, чем контрольной, на 2,29; 4,98; 7,57; 9,92; 11,52; 14,13; 14,61 %, соответственно номеру недели.

**Заключение.** Обеспечение оптимального гидрохимического состава и температуры воды напрямую влияет на самочувствие и активность рыб и косвенно – на поедаемость кормов и их усвояемость. Исследования по данной теме продолжаются и будут опубликованы в следующих источниках.

**Ключевые слова:** рыбоводство, кормление рыб, белковое кормление, карпы, аквакультура

**Для цитирования:** Адел Г.А., Ратошный А.Н., Хорошайло Т.А., Сердюченко И.В., Меженкова К.С. Влияние белковых подкормок на скорость роста карпов парской породы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №1, С.5-11 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.97.61.002>

Original article

## THE INFLUENCE OF PROTEIN SUPPLEMENTS ON THE GROWTH RATE OF PARIAN CARP

Guf A. Adel<sup>1</sup>, Alexander N. Ratoshny<sup>2</sup>, Tatiana A. Khoroshailo<sup>3</sup>✉, Irina V. Serdyuchenko<sup>4</sup>, Kristina S. Mezhenkova<sup>5</sup>

<sup>1, 2,3,4,5</sup> Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

<sup>1, 2,3,4,5</sup> tatyana\_zabai@mail.ru

### Abstract.

**Problem and purpose.** Evaluation of the effectiveness of increasing the mass fraction of protein in carp feed in order to increase productivity by adding rapeseed meal to the diet. The objectives of the study were: determining the relationship between the amount of protein in the feed and the productive qualities of carp, studying the growth dynamics of carp on a high-protein diet.

**Methodology.** The experiment was carried out on the basis of a farm engaged in breeding sturgeon, carp and other fish species. 120 Parsi carp were selected to form two equal groups. The experimental fish were kept in fiberglass pools with dimensions of 0.5 x 2 x 2 m, each volume was 1000 l, water exchange was 420 l/h. At the beginning of the experiment, the fish were weighed, then once a week until the end of the control cultivation. They were fed 3 times a day at 6:00, 12:00 and 16:00, at the same time the water temperature was measured. IN Every day at 12:00 the physicochemical parameters of the pool were measured, which on average were: oxygen - 8.7 mg/l, pH - 7.7. For 7 weeks (49 days), the carps of the experimental group received feed with a high protein content. Its composition included: wheat, soybean meal, soybean cake, rapeseed meal and blood meal, BMVK. The feed of the control group did not contain rapeseed meal, but was identical in other components. The mass fraction of protein in the control group was 35%, in the experimental group - 45% of the dry matter of the diet, it was increased by adding rapeseed meal to the feed.

**Results.** The article describes the results of a study on increasing the proportion of protein in feed for Parsi carp by adding rapeseed meal. Understanding the role of proteins in the fish diet helps to develop feed recipes with optimal chemical composition. Studying the limits of increasing protein on the growth rate of carp is of great relevance and makes it possible to improve diets for carp in order to achieve maximum growth and development of fish. In order to determine the effect of rapeseed meal as a source of additional protein for carp, it was added to the feed of the experimental group, followed by comparison of growth results with the control group, where it was not added. The research was carried out in May-June 2022 on the, which is located on the territory of the Republic of Adygea. In our region, thanks to the use of subsidies, many fish farms have been established in recent years. One of the conditions for their survival is competitiveness, which is realized by improving the quality of fish products or increasing production rates. To increase the productivity of fish, using the example of cyprinids, the effect of high-protein diets on their growth rate is shown. As a result of the research, it was established that the experimental group was ahead of the control group in terms of average weight gain by 14.61% by the end of the study. The fish selected for the study had the same weight at the beginning of the experiment, but during the experiment, individuals receiving food with a protein content of 45% at each weighing were ahead in growth of their counterparts from the control group, receiving food with 35% protein. The experiment was carried out for 7 weeks, the average mass of fish from group I was more than group II by 2.29, 4.98, 7.57, 9.92, 11.52, 14.13, 14.61%, respectively.

**Conclusion.** Ensuring the optimal hydrochemical composition and water temperature directly affects the well-being and activity of fish and indirectly affects the food intake and digestibility. Research on this topic is ongoing and will be published in the following sources.



**Key words:** fish farming, fish feeding, protein feeding, carp, aquaculture.

**For citation:** Adel G.A., Ratoszny A.N., Khoroshailo T.A., Serdyuchenko I.V., Mezhenkova K.S. The influence of protein supplements on the growth rate of parian carp // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No1, P. 5-11 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.97.61.002>

### Введение

В 2023 году в Российской Федерации в отрасли рыбоводства все еще существуют определенные проблемы с белковым кормлением. Одной из них является недостаточная производственная мощность по производству белковых кормов в стране. Это приводит к тому, что доля импортированных белковых кормов остается высокой, что создает проблему при торговых или политических ограничениях на ввоз в страну кормовых ингредиентов. Имеют место также проблемы с ценовой доступностью белковых кормов [4].

Высокие затраты на производство и транспортировку кормов влияют на стоимость, что становится проблемой для мелких и средних рыбоводных предприятий. Для решения этих проблем необходимо повышение мощностей по производству белковых кормов в стране [4,7].

Также важно инвестирование в исследования и разработки новых источников белка, таких как альтернативные источники растительного белка или синтетические аналоги белков. Это будет способствовать расширению перечня доступных источников белка для рыбы, снижая зависимость от импорта [4].

Кроме того, важно разрабатывать и внедрять эффективные системы контроля и управления кормлением, которые позволяют оптимизировать использование белковых кормов и улучшить питательную ценность корма для рыбы. Развитие в сфере кормления рыб способствует сокращению импортозависимости и повышению продовольственной безопасности страны [2,4].

Изучение эффективности белковых подкормок в скорости роста карпов является актуальным в современной аквакультуре по таким причинам, как:

1) увеличение производства рыбы. Белковые подкормки могут улучшить питательность рациона карпов и ускорить их рост. Это позволит производителям рыбы увеличить производство и получить больший выход продукции;

2) экономическая значимость. Белковые подкормки могут повысить эффективность использования питательных веществ из корма. Это позволит снизить расходы на кормление и повысить экономическую эффективность аквакультурного предприятия;

3) улучшение качества продукции. Белковые подкормки могут способствовать накоплению белка в телесной массе карпов, что может улучшить их качество. Высококачественная рыба с высоким содержанием белка может быть более востребована на рынке;

4) здоровье рыбы. Белковые подкормки могут также влиять на здоровье рыбы, укреплять ее иммунную систему и увеличивать ее стойкость к болезням. Это может снизить заболеваемость карпов и улучшить их выживаемость;

5) исследования и развитие: изучение влияния белковых подкормок на скорость роста карпов помогает улучшить существующие методы кормления и разработать новые инновационные подкормки. Это особенно важно в условиях растущей потребности в продуктах аквакультуры и постоянно меняющихся требованиях рынка [4,6].

Таким образом, изучение эффективности белковых подкормок в процессе выращивания карпов имеет практическую и научную значимость и является актуальной задачей в сфере аквакультуры.

### Материалы и методы исследования

Целью нашего исследования была оценка эффективности увеличения массовой доли протеина в корме карпов с целью роста продуктивности за счет добавления в рацион рапсового шрота. Задачами исследования стали: определение взаимосвязи между количеством белка в корме и продуктивными качествами карпов, изучение динамики роста карпа при высокобелковом рационе.

Опыт был проведен на базе хозяйства ООО «Спецрыбзавод», занимающегося разведением осетровых, карповых и других видов рыб. Отбирали 120 особей карпа парской породы для формирования двух равных групп. Подопытных рыб содержали в бассейнах из стеклопластика размерами 0,5 x 2 x 2 м, объем каждого бассейна составлял 1000 л, водообмен – 420 л/ч (рис. 1). Световой режим прудов соответствовал нормам, был равномерным. Перед зарыблением бассейны были тщательно промыты и продезинфицированы [3,6,8].



Рис. 1 – Бассейны для постановки опыта  
Fig. 1 – Pools for the experiment

В начале опыта проводили взвешивание рыбы. В ходе исследований рыб кормили 3 раза в сутки. Время кормления: 6.00, 12.00, 16.00. В это же время измерялась температура воды. Взвешивание карпов проводилось каждую неделю до конца опыта. Было установлено, что температура воды не опускалась ниже 18° С и не поднималась выше





23° С. Ежедневно в 12:00 измерению подвергались физико-химические показатели воды бассейна, которые в среднем составляли: кислород – 8,7 мг/л, рН – 7,7.

На протяжении 7 недель (49 дней) карпы опытной группы получали комбикорм с повышенным содержанием протеина. В его состав входили:

пшеница, соевый шрот, соевый жмых, рапсовый шрот и кровяная мука, БМВК. Массовая доля белка в контрольной группе составляла 35 %, у опытной – 45 % от сухого вещества рациона, ее повышение производилось за счет добавления в комбикорм рапсового шрота. Химический состав комбикорма представлен в таблицах 1,2.

Таблица 1 – Химический состав комбикорма контрольных групп

| Показатель                  | Содержание, не менее |
|-----------------------------|----------------------|
| Сырой белок (СБ)            | 45,00 %              |
| Сырой жир (СЖ)              | 8,00 %               |
| Сырая клетчатка (СК)        | 2,79 %               |
| Лизин                       | 2,89 %               |
| Метионин + цистин           | 1,44 %               |
| Кальций                     | 1,44 %               |
| Фосфор                      | 1,12 %               |
| Витамин А, МЕ               | 6250                 |
| Витамин D <sub>3</sub> , МЕ | 11250                |
| Витамин Е, МЕ               | 125                  |

Таблица 2 – Химический состав комбикорма для опытных групп

| Показатель                  | Содержание, не менее |
|-----------------------------|----------------------|
| Сырой протеин               | 35,00 %              |
| Сырой жир                   | 2,00 %               |
| Сырая клетчатка             | 4,00 %               |
| Лизин                       | 1,50 %               |
| Метионин+цистин             | 0,70 %               |
| Кальций                     | 1,12 %               |
| Фосфор                      | 0,8 %                |
| Витамин А, МЕ               | 6250                 |
| Витамин D <sub>3</sub> , МЕ | 11250                |
| Витамин Е, МЕ               | 125                  |

Комбикорм контрольной группы не содержал рапсового шрота, но по другим компонентам был идентичен.

### Результаты исследований и их обсуждение

Использование в кормлении рыб комбикорма с повышенным содержанием белка способствует ускорению их роста [2,5,7]. Данные, полученные в ходе исследования, представлены в таблице 3. Отобранные для исследования рыбы в начале опыта имели одинаковую массу, однако в ходе эксперимента особи, получающие корм с содер-

жанием белка 45 %, при каждом взвешивании опережали в росте аналогов из контрольной группы, получавших корм с 35 % белка. Опыт проводился в течение 7 недель, средние показатели массы рыб I-й группы были выше, чем II-й, на 2,29; 4,98; 7,57; 9,92; 11,52; 14,13; 14,61 % соответственно номеру недели.

Таблица 3 – Динамика роста карпа

| Период выращивания, неделя | Группа     |             |
|----------------------------|------------|-------------|
|                            | опытная    | контрольная |
|                            | навеска    |             |
| Начало опыта               | 162±1,0    | 162±1,7     |
| 1                          | 173,39±1,8 | 169,5±1,9   |
| 2                          | 185,40±1,3 | 176,6±1,7   |
| 3                          | 197,4±1,5  | 183,5±1,5   |



|   |           |           |
|---|-----------|-----------|
| 4 | 209,4±1,8 | 190,5±1,6 |
| 5 | 220,4±1,0 | 197,5±1,4 |
| 6 | 233,4±1,3 | 204,5±1,6 |
| 7 | 242,4±1,2 | 211,5±1,3 |

Со второй недели выращивания средние показатели прироста живой массы у карпов опытной группы были выше с достоверностью  $P \leq 0,001$ .

Кроме кормления, крайне важным критерием для получения хороших приростов живой массы в рыбоводстве являются физико-химические свойства воды. Все физиологические процессы в организме рыб происходят под прямым влиянием водной среды. В связи с этим качество воды

в водоеме должно соответствовать стандартам, которые способны обеспечить оптимум для роста и развития рыб, а также должны исключать возможность возникновения заболеваний. Одним из наиболее важных в рамках данного исследования показателем является усвояемость питательных веществ корма, что тоже зависит от физико-химических показателей воды (табл. 4) [1,5,6].

Таблица 4 – Химический состав воды в бассейнах

| Показатель                     | Фактический уровень | Уровень, необходимый по требованиям |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Водородный показатель (рН)     | 6,8–7,8             | 6,5-8,5                             |
| Кислород, г/м <sup>3</sup>     | 7,5–10              | не ниже 5,0                         |
| Цветность, нм (градусы).       | 25,0                | до 50                               |
| Нитриты, г/м <sup>3</sup>      | 0,01                | 0,02                                |
| Нитрат-ион, г/м <sup>3</sup>   | 0,9                 | 2,0                                 |
| Фосфат-ион, г/м <sup>3</sup>   | 0,3                 | 0,5                                 |
| Железо общее, г/м <sup>3</sup> | 0,5                 | 0,6                                 |

Наряду с определением химического состава воды ежедневно в 12:00 также измеряли температуру, концентрацию кислорода и рН воды. Колебания температуры в течение всего периода

выращивания не выходили за пределы 18-23° С, что не превышает нормальных показателей. Содержание кислорода, уровень рН находились в допустимых физиологических пределах.

Таблица 5 – Количество кормовых единиц, необходимых одной особи в сутки в зависимости от температуры воды и массы рыбы

| t воды, °С | Масса рыбы, г |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|            | <150          | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 |
| 11         | 0,6           | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 |
| 12         | 1,2           | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| 13         | 1,8           | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 2,6 | 2,5 | 2,4 |
| 14         | 2,4           | 2,3 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 1,9 | 1,6 |
| 15         | 2,9           | 2,9 | 2,7 | 2,8 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,6 | 2,4 | 2,0 |
| 16         | 3,6           | 3,4 | 3,4 | 3,3 | 3,3 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,1 | 2,8 | 2,4 |
| 17         | 4,2           | 4,0 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,8 | 3,8 | 3,7 | 3,7 | 3,3 | 2,9 |
| 18         | 4,7           | 4,6 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,3 | 4,3 | 4,2 | 4,2 | 3,8 | 3,2 |
| 19         | 5,3           | 5,1 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 4,2 | 3,6 |
| 20<        | 5,9           | 5,7 | 5,6 | 5,5 | 5,6 | 5,4 | 5,4 | 5,3 | 4,6 | 4,7 | 4,0 |

Исходя из данных таблицы 5, можно сделать вывод о том, что вне зависимости от массы рыбы количество кормовых единиц, потребляемых рыбой за сутки, положительно коррелирует с температурой, имея наибольшие показатели при температуре свыше 20° С. В связи с ингибирующим действием низкой температуры воды на химические процессы в организме карповых, аппетит

рыбы снижается и способен полностью пропасть при  $t = 8^{\circ} \text{C}$ .

#### Заключение

Увеличение содержания массовой доли белка в комбикорме за счет добавления рапсового шрота способствует ускорению роста карпов парской породы. Рапсовый шрот содержит около 35 % сырого белка, богат минералами. Основным пре-





пятствием его использования в качестве основного источника белка для рыб является наличие отрицательно влияющих на рыб глюкозидов и танинов. В рапсовом шроте они находятся в незначительных количествах, однако необходимо аккуратно вводить его в рацион с целью удешевления себестоимости кормов. Кроме того, необходимо понимать, что высокобелковое кормление не является единственным направлением для повышения продуктивности в аквакультуре. Обеспечение оптимального гидрохимического состава и температуры воды напрямую влияет на самочувствие и активность рыб и косвенно на поедаемость кормов и их усвояемость.

Рекомендуется применять корма с повышенным за счет рапсового шрота содержанием белка до 45 % в рыбоводческих предприятиях, специализирующихся на карпах, с целью ускорения роста рыб.

#### Список источников

1. ОСТ 155 372-87 «Охрана природы, гидросфера, вода для рыбоводных хозяйств, общие требования и нормы». М.: Стандартинформ, 2014. 19 с. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293735/4293735887.pdf>
2. Додаев К.А., Ниёзов Х.Н., Суюндиков У.А., Худайберганов Х.Ш. Потребность в белках, маслах, углеводах, минералах при выращивании рыбы // Экономика и социум. 2020. №11 (78). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/potrebnost-v-belkah-maslah-uglevodah-mineralah-pri-vyrashchivanii-ryby>
3. Мухаметшин С.С., Васильев А.А. Эффективность использования препарата «Виусид-вет» в кормлении карпа // Кормление сельскохоз-

ственных животных и кормопроизводство. 2019. № 7. С. 62-73. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39162843>

4. Пахомов В.И., Хлыстунов В.Ф., Брагинцев С.В., Бахчевников О.Н. Состояние и перспективы использования растительного сырья в кормах для аквакультуры (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-ispolzovaniya-rastitelnogo-syr'ya-v-kormah-dlya-akvakultury-obzor>

5. Радько М.М., Астренков А.В., Гадлевская Н.Н., Столович В.Н., Радько Д.Е. О выборе оптимального варианта кормления товарного карпа // Агропанорама. 2009. № 3 (73). С. 10-13. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50422749>

6. Тищенко А.С., Сердюченко И.В. Организация и правовое обеспечение ветеринарного дела в животноводстве // Учебное пособие. Краснодар, 2021. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48087966>

7. Штенина Д.В. Значение кормов и их компонентов при выращивании рыбы // Вестник науки и образования. 2022. №1-2 (121). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie-kormov-i-ih-komponentov-pri-vyrashchivanii-ryby>

8. Khoroshailo T.A., Alekseeva Y.A., Garmayev B.D., Martemyanova A.A. Influence of environmental factors on the development and conservation of sturgeon young // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, 2021. С. 42025. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47426924>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### References

1. OST 155 372-87 «Ohrana prirody, gidrosfera, voda dlya rybovodnykh hozyajstv, obshchie trebovaniya i normy». M.: Standartinform, 2014. 19 s. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293735/4293735887.pdf>
2. Dodaev K.A., Niyozov H.N., Suyundikov U.A., Hudajberganov H.SH. Potrebnost' v belkah, maslah, uglevodah, mineralah pri vyrashchivanii ryby // Ekonomika i socium. 2020. №11 (78). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/potrebnost-v-belkah-maslah-uglevodah-mineralah-pri-vyrashchivanii-ryby>
3. Muhametshin S.S., Vasil'ev A.A. Effektivnost' ispol'zovaniya preparata «Viusid-vet» v kormlenii karpa // Kormlenie sel'skohozyajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. 2019. № 7. S. 62-73. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39162843>
4. Pahomov V.I., Hlystunov V.F., Braginec S.V., Bahchevnikov O.N. Sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya rastitel'nogo syr'ya v kormah dlya akvakul'tury (obzor) // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-ispolzovaniya-rastitelnogo-syr'ya-v-kormah-dlya-akvakultury-obzor>
5. Rad'ko M.M., Astrenkov A.V., Gadlevskaya N.N., Stolovich V.N., Rad'ko D.E. O vybore optimal'nogo varianta kormleniya tovarnogo karpa // Agropanorama. 2009. № 3 (73). S. 10-13. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50422749>
6. Tishchenko A.S., Serdyuchenko I.V. Organizaciya i pravovoe obespechenie veterinarnogo dela v zhivotnovodstve // Uchebnoe posobie. Krasnodar, 2021. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48087966>
7. Shtenina D.V. Znachenie kormov i ih komponentov pri vyrashchivanii ryby // Vestnik nauki i obrazovaniya. 2022. №1-2 (121). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie-kormov-i-ih-komponentov-pri-vyrashchivanii-ryby>
8. Khoroshailo T.A., Alekseeva Y.A., Garmayev B.D., Martemyanova A.A. Influence of environmental factors on the development and conservation of sturgeon young // V sbornike: IOP Conference Series: Earth and



*Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, 2021. S. 42025. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47426924>*

*Contribution of the authors:*

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

#### **Информация об авторах**

**Адел Гуф Афган**, аспирант факультета зоотехнии, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, [tatyana\\_zabai@mail.ru](mailto:tatyana_zabai@mail.ru)

**Ратошный Александр Николаевич**, д-р с.-х. наук, профессор кафедры физиологии и кормления сельскохозяйственных животных, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, [tatyana\\_zabai@mail.ru](mailto:tatyana_zabai@mail.ru)

**Хорошайло Татьяна Анатольевна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры частной зоотехнии и свиноводства, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, [tatyana\\_zabai@mail.ru](mailto:tatyana_zabai@mail.ru)

**Сердюченко Ирина Владимировна**, канд. вет. наук, доцент кафедры микробиологии, эпизоотологии и вирусологии, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

**Меженкова Кристина Сергеевна**, студент 3-го курса факультета зоотехнии, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

#### **Author Information**

**Adel Guf Afghan**, graduate student of the Faculty of Animal Science, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, [tatyana\\_zabai@mail.ru](mailto:tatyana_zabai@mail.ru)

**Ratoshny Alexander N.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Physiology and Nutrition of Farm Animals, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, [tatyana\\_zabai@mail.ru](mailto:tatyana_zabai@mail.ru)

**Khoroshailo Tatiana A.**, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of private animal science and pig breeding, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, [tatyana\\_zabai@mail.ru](mailto:tatyana_zabai@mail.ru)

**Serdyuchenko Irina V.**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Microbiology, Epizootology and Virology, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, [tatyana\\_zabai@mail.ru](mailto:tatyana_zabai@mail.ru)

**Mezhenkova Kristina S.**, 3rd year student of the Faculty of Animal Science, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, [tatyana\\_zabai@mail.ru](mailto:tatyana_zabai@mail.ru)

*Статья поступила в редакцию 27.01.2024; одобрена после рецензирования 10.03.2024; принята к публикации 11.03.2024.*

*The article was submitted 27.01.2024; approved after reviewing 10.03.2024; accepted for publication 11.03.2024.*





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 639.371.5.043.2  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.72.55.003

**ВЛИЯНИЕ АМАРАНТОВОГО ЖМЫХА НА ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА ТОВАРНОГО КАРПА**

**Семен Олегович Бибиков<sup>1</sup>✉, Сергей Иванович Николаев<sup>2</sup>, Вера Владимировна Шкаленко<sup>3</sup>,  
Светлана Викторовна Чехранова<sup>4</sup>, Ирина Юрьевна Даниленко<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственный холдинг "Амарантагро"

<sup>2,3,4,5</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград, Россия

<sup>1</sup> bibikovso@gmail.com

<sup>2</sup> nikolaevvolgau@yandex.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** Одно из наиболее важных направлений в аквакультуре за несколько лет – поиск альтернативного растительного источника белка. Целью данного исследования было определение возможности включения амарантового жмыха в качестве частичной замены подсолнечного жмыха в рацион карпа.

**Методология.** Исследования проводились в условиях ООО «Прибой» Волгоградской области на карпе возрастом 2+ (трехлетки). Для исследования была подобрана клинически здоровая рыба. Рыба подбиралась в 4 группы по методу аналогов (учитывается возраст, показатели здоровья, живая масса, и т.д.) по 36 особей в каждой. Кормление карпа осуществлялось по следующей схеме: особи контрольной группы (садок № 60), получали общехозяйственный рацион (ОР) с 15 % жмыха из семян подсолнечника, в I опытной группе в ОР входили 10 % жмыха из семян подсолнечника и 5 % жмыха из семян амаранта, во II опытной группе к ОР – 5 % жмыха из семян подсолнечника и 10 % жмыха из семян амаранта, в III опытной группе был полностью заменен жмых из семян подсолнечника на жмых из амаранта – 15 %.

**Результаты.** Проведенный анализ химического состава амарантового жмыха и подсолнечного показал преобладание первого над вторым по таким показателям: сырой протеин на 1,4 %, сырой жир на 2,2 %, сырая зола на 0,3 % и БЭВ на 8,03 %, исследуемые аминокислоты (сумма) на 4,21 %.

В конце исследования нами было отмечено явное преимущество у III опытной группы рыб, которые получали ОР с 15 % амарантового жмыха, в сопоставлении с контрольной группой рыб на 153 г или 6,96 % по живой массе и на 130 г или 10,08 % по выходу съедобных частей тушки. Органолептическая оценка филе рыбы и бульона была высокой во всех подопытных группах и составила от 4,81 до 4,89 баллов.

**Заключение.** Предлагаем в кормлении карпа использовать амарантовый жмых в количестве 15 % (по массе комбикорма), что позволит, во-первых, расширить кормовую базу в рыбоводстве, а во-вторых – увеличить живую массу и качество мяса карпа.

**Ключевые слова:** сырой протеин, комбикорм, карп, живая масса, амарантовый жмых

**Для цитирования:** Бибиков С.О., Николаев С.И., Шкаленко В.В., Чехранова С.В., Даниленко И.Ю. Влияние амарантового жмыха на продуктивные качества товарного карпа // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т16, №1. С.12-18 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.72.55.003>

Original article

**THE INFLUENCE OF AMARANTH CAKE ON THE PRODUCTIVE QUALITIES OF COMMERCIAL CARP**

**Semyon O. Bibikov<sup>1</sup>✉, Sergey I. Nikolaev<sup>2</sup>, Vera V. Shkalenko<sup>3</sup>, Svetlana V. Chehranova<sup>4</sup>, Irina Yu. Danilenko<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Limited Liability Company Scientific and Production Holding "Amaranth agro", Russia

<sup>2,3,4,5</sup> Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia





<sup>1</sup> bibikovso@gmail.com

<sup>2</sup> nikolaevvolgau@yandex.ru

## Abstract.

**Problem and purpose.** One of the most important directions in aquaculture for several years is the search for an alternative plant source of protein. The purpose of this study was to determine the possibility of including amaranth cake as a partial replacement for sunflower cake in the diet of carp.

**Methodology.** The research was carried out in the conditions of LLC "Surf" of the Volgograd region on carp aged 2+ (three-year-olds). Clinically healthy fish were selected for the study. The fish were selected into 4 groups according to the method of analogues (taking into account live weight, age, etc.) of 36 individuals each. Feeding of cyprinid fish was carried out according to the following scheme: individuals of the control group (cage No. 60) received a general economic ration (RR) with 15% sunflower oil cake, in the I experimental group 10% of standard oil cake (sunflower) and 5% of amaranth oil cake were added to the RR, in the II experimental group 5% were added to the RR standard cake (sunflower) and 10% amaranth cake, in the III experimental group, standard cake (sunflower) was completely replaced with amaranth cake – 15%.

**Results.** The analysis of the chemical composition of amaranth cake and sunflower showed the predominance of the first over the second in such indicators: crude protein by 1.4%, crude fat by 2.2%, crude ash – 0.3% and BEV – 8.03%, studied amino acids (sum) by 4.21%. At the end of the study, we noted a clear advantage in the fish of the experimental group III, which received 15% of amaranth cake as part of the feed, compared with the control group of fish by 153 g or 6.96% by live weight and by 130 g or 10.08% by the yield of edible parts of the carcass. The organoleptic evaluation of fish filets and broth was high in all experimental groups and ranged from 4.81 to 4.89 points.

**Conclusion.** We suggest using amaranth cake in the amount of 15% (by weight of compound feed) in feeding carp, which will firstly expand the feed base in fish farming, and secondly - increase the live weight and quality of meat.

**Key words:** crude protein, compound feed, carp, live weight, amaranth cake

**For citation:** Bibikov S.O., Nikolaev S.I., Shkalkenko V. V., Chehranova S. V., Danilenko I. Y. The influence of amaranth cake on the productive qualities of commercial carp // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 1, P.12-18 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.72.55.003>

## Введение

В основе современного рыбоводства лежит рациональное кормление рыбы. Роль кормления неуклонно возрастает по мере повышения уровня интенсификации рыбоводных процессов. За счет кормов и кормления получают от 70 % продукции в прудовых хозяйствах и до 100 % продукции в индустриальных хозяйствах [8]. Затраты на комбикорма при выращивании товарной рыбы составляют не менее половины общих затрат [1].

Одно из наиболее важных направлений в аквакультуре за несколько лет – поиск альтернативного растительного источника белка [9]. Наиболее распространенным растительным кормом является соевый шрот во многом благодаря высокому содержанию белка и сбалансированному аминокислотному профилю. Альтернативные белки из растительных источников изучаются из-за высокой стоимости и ограниченных ресурсов традиционных кормовых источников [11].

Альтернативными белковыми компонентами являются побочные продукты масложировой промышленности, такие как жмых или обработанные шроты из рапса, подсолнечника, арахиса или хлопка и т.д. [3,10].

Особое внимание современных ученых в области кормопроизводства и кормления животных привлекает амарант, обладающий достаточными преимуществами: интенсивный рост; неприхотливость к почвам, к зоне произрастания, к жарким погодным условиям; высокая питательность и экономное расходование воды при поливе [2,4].

Паламарчук Р. А. отметил положительное влияние амаранта на рыбоводно-физиологические, гематологические показатели карпа, качественные показатели мяса в оптимальных условиях выращивания и при воздействии различных стресс-факторов [5,6,7].

Амарантовый жмых является побочным продуктом переработки зерна амаранта, поэтому мы решили исследовать его действие на некоторые показатели продуктивности товарного карпа в условиях прудовой аквакультуры.

Целью данного исследования было определить возможность включения амарантового жмыха в качестве частичной замены подсолнечного жмыха в рацион карпа.

## Материалы и методы исследования

На сертифицированном оборудовании в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ осуществляли анализ химического и аминокислотного составов кормов, в частности жмыха из семян подсолнечника и амаранта.

Исследования были проведены на особях карпа в Быковском районе Волгоградской области в рыбном хозяйстве ООО «Прибой» (многопрофильное хозяйство, занимающееся выращиванием ценных пород рыб, товарного карпа и т.д.). Были сформированы 4 опытные группы из карпа возрастом 2+ (трехлетки), которые были рассажены по 4 сетным матерчатým садкам размером 5x4x3 м, с площадью поверхности 20 м<sup>2</sup> и объемом 60 м<sup>3</sup>. По ходу эксперимента, в связи с прибавле-



нием массы испытуемых рыб, в нормы кормления всех групп были внесены изменения в сторону увеличения рациона. Условия содержания для всех подопытных групп были одинаковыми.

За темпом роста наблюдали путем индивидуального еженедельного взвешивания рыб. По окончании кормления была проведена разделка рыбы для оценки убойных качеств и дегустационной оценки.

Дизайн опыта представлен в таблице 1: особи контрольной группы получали основной комбикорм; I опытной группы – ОР, в котором произвели замену 33 % стандартного жмыха (подсолнечный) на амарантовый жмых, II опытной группы – ОР с заменой 66 % стандартного жмыха (подсолнечный) на амарантовый жмых, III опытной – ОР с заменой 100 % стандартного жмыха (подсолнечный) на амарантовый жмых.

Таблица 1– Схема опыта

| Группы      | № садка | Общ. масса | Ср. масса | Кол. шт | Норма ввода исследуемой кормовой добавки                  |
|-------------|---------|------------|-----------|---------|---|
| Контрольная | 60      | 50,9       | 1,41      | 36      | Общий рацион с 15 % подсолнечного жмыха                   |
| I опытная   | 62      | 50,7       | 1,42      | 36      | Общий рацион с 5% амарантового и 10% подсолнечного жмыхов |
| II опытная  | 61      | 50,4       | 1,40      | 36      | Общий рацион с 10% амарантового и 5% подсолнечного жмыхов |
| III опытная | 59      | 50,7       | 1,41      | 36      | Общий рацион с 15% жмыха из семян амаранта                |

#### Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследований, представленные в таблице 2, доказывают возможность использования в комбикормах амарантового жмыха как альтернативной замены подсолнечному жмыху.

Отмечалось преобладание амарантового жмыха в сравнении с подсолнечным на 1,4 % – по сырому протеину; на 2,2 % – по сырому жиру; на 0,3 % – по сырой золе и 8,03 % – БЭВ.

Таблица 2 – Химический состав амарантового и подсолнечного жмыхов (на 100 г корма)

| Показатель |              | Обменная энергия(ОЭ) | Сырой протеин(СП) | Сырой жир(СЖ) | Сырая клетчатка(СК) | Сырая зола(СЗ) | Безазотистых экстрактивных веществ(БЭВ) |
|------------|--------------|----------------------|-------------------|---------------|---------------------|----------------|---|
| Ед. изм    |              | ккал                 | г                 | г             | г                   | г              | г                                       |
| Жмых       | амарантовый  | 316,01               | 28,9              | 10,3          | 7,17                | 7,1            | 36,43                                   |
|            | подсолнечный | 295,24               | 27,5              | 8,1           | 18,4                | 6,8            | 28,4                                    |

Лабораторным путем было установлено превосходство амарантового жмыха над подсолнечным жмыхом по количественным показателям следующих аминокислот (рис. 1): аргинин (на 0,77 %), лизин (на 0,34 %), тирозин (0,17 %), фенилаланин (на 0,52 %), гистидин (на 0,33 %), лейцин+изолейцин (на 0,33%), метионин (на 0,24 %), валин (на 0,13 %), серин (на 0,29 %), глицин (на 0,36 %), глутаминовая кислота (на 0,96 %), аспарагиновая кислота (на 0,14 %), триптофан (0,04 %). Общее содержание аминокислот в амарантовом жмыхе составило 25,67 %, и было выше, чем в подсолнечном жмыхе, на 4,21 %.

По содержанию витаминов и макро- и микро-

элементов амарантовый жмых также превосходил подсолнечный, так, было больше на 0,3 мг/кг витамина Е; 0,1 мг/кг – витамина В<sub>1</sub>; 0,5 мг/кг – витамина В<sub>2</sub>; 7 мг/кг – витамина В<sub>3</sub>; 35 мг/кг – витамина В<sub>4</sub>; 0,4 мг/кг – витамина В<sub>5</sub>; 0,05 % – кальция; 0,02 % – фосфора, 0,01 % – калия; 0,07 % – серы; 0,12 % – магния; 6 мг/кг – железа; 0,4 мг/кг – цинка; 0,02 мг/кг – йода; 0,33 мг/кг – меди; 2,23 мг/кг – марганца; 0,1 мг/кг – кобальта.

Таким образом, подсолнечный жмых по исследуемым показателям питательной ценности уступает амарантовому жмыху.

Начальные и конечные показатели биомассы рыбы в ходе эксперимента представлены в таблице 3.



Рис. 1 – Аминокислотный профиль изучаемых жмыхов, %  
Fig. 1 – Amino acid profile of the studied cakes, %

Таблица 3 – Живая масса рыбы в ходе эксперимента, кг (n=36)

| Группа рыб(№ садка) | Живая масса карпа в начале исследования / в конце исследования |
|---------------------|--|
| Контрольная(60)     | 1,410±0,016 / 2,197±0,29                                       |
| I опытная(62)       | 1,420±0,010 / 2,200±0,26                                       |
| II опытная(61)      | 1,400±0,113 / 2,205±0,22                                       |
| III опытная(59)     | 1,410±0,011 / 2,350±0,23                                       |

В первую неделю лучшие показатели – 6,8 кг прироста, были получены в опытной группе III, где жмыховая добавка полностью состояла из амаранта. Второй результат, с небольшим отставанием, был получен в контрольной группе – 4,9 кг. В группе со смешанными жмыхами, с преобладанием амарантового, прирост был равен контролю – 4,9 кг, а в группе с преобладанием подсолнечного жмыха прирост был самым низким – 2,3 кг.

По результатам второй недели прироста во всех группах были низкими, что мы связываем с высокими температурами окружающей среды, которая достигала 26,3° С в утренние часы и до 28° С в послеобеденное время. При таких значениях питание и усвояемость пищи у карпа достаточно низкие. Тем не менее, даже

в таких условиях лидировала опытная группа со 100% добавкой амарантового жмыха.

В конце исследования в III опытной группе рыба имела живую массу (в среднем) 2,350 кг, что было выше, чем у карпа других групп. Так, в сопоставлении с контрольными аналогами данный показатель в III опытной группе рыб был выше на 153 г или 6,96 %. Карп I и II опытных групп в среднем весил 2,200 кг и 2,205 кг, что было немного выше, чем у контрольных аналогов, на 0,14 % и 0,36 %.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что на первом этапе эксперимента лидирует III опытная группа рыб, получавшая в составе рациона 15 % амарантового жмыха.

Результаты разделки тушки рыбы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты разделки карпов, кг (n=4)

| Показатель | Группа | Контрольная | I опытная | Масса рыбы | Масса головы | Масса плавников | Масса чешуи | Масса мышечной ткани | Масса внутреннего жира, печени, сердца | Масса кишечника, жабр, крови, полостной жидкости | Масса костной ткани | Съедобная часть/ Несъедобная часть |             |           |           |           |
|------------|--------|-------------|-----------|------------|--------------|-----------------|-------------|----------------------|--|--|---------------------|------------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
|            |        |             |           |            |              |                 |             |                      |  |  |                     |                                    | Контрольная | I опытная | 2,20±0,05 | 2,20±0,02 |





|        |             |           |           |           |           |            |           |           |           |                           |
|--------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|---------------------------|
| Группа | II опытная  | 2,21±0,05 | 0,39±0,01 | 0,11±0,01 | 0,05±0,01 | 1,13±0,03  | 0,10±0,01 | 0,14±0,01 | 0,30±0,01 | 1,32±0,03/<br>0,89±0,02   |
|        | III опытная | 2,35±0,06 | 0,42±0,01 | 0,12±0,01 | 0,05±0,01 | 1,21±0,03* | 0,12±0,01 | 0,15±0,01 | 0,29±0,01 | 1,42±0,04* /<br>0,93±0,02 |

На рисунке 2 изображена масса мышечной ткани подопытных карповых рыб. Использование жмыха их семян амаранта в комбикормах для карпа I, II и III опытных групп способствовало большему набору мышечной массы, в сопоставлении с контрольными аналогами соответственно на 1,85 %, 4,63 % и 12,04 % ( $P \geq 0,95$ ).

Оценку товарных качеств тушки рыбы проводят по такому показателю как отношение съедобных частей к несъедобным. Так, расчетный пока-

затель в I, II и III опытных группах составил 1,444, 1,483 и 1,527 и был выше, чем в контрольной группе на 1,83 %, 4,58 %, 7,69 %, соответственно.

Проведенная органолептическая оценка рыбного филе и бульона во всех группах была высокой, однако в опытных группах по сравнению с контролем средние показатели были выше. Так, филе рыб I, II и III опытных групп отличалось приятным цветом, имело хороший вкус, нежную консистенцию, мягкость и обладало сочностью (рис. 3).

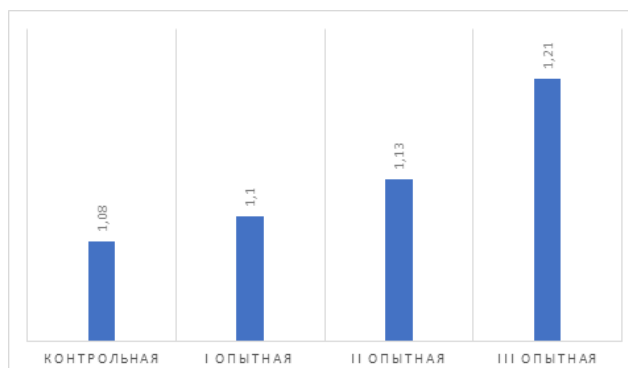


Рис. 2 – Масса мышечной ткани карпа, кг  
Fig. 2 – Weight of carp muscle tissue, kg

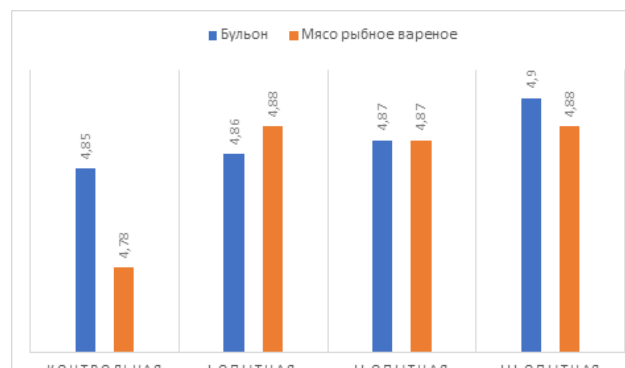


Рис. 3 – Дегустационная оценка филе карпа и рыбного бульона, балл  
Fig. 3 – Tasting evaluation of carp fillet and fish broth, score

Дегустационная комиссия отметила, что рыбный бульон карпа I, II и III опытных групп отличался более ярко выраженными органолептическими показателями (вкусный, ароматный и наваристый, приятного цвета, прозрачный).

Таким образом, заменив в комбикорме жмых из семян подсолнечника на амарантовый, можно повысить живую массу карпа и улучшить качественные показатели мяса и бульона.

#### Список источников

- Аламдари, Х. Использование гидролизата рыбного белка для кормления осетровых рыб / Х. Аламдари, С. В. Пономарев // Рыбоводство и рыбное хозяйство. - 2013. - № 11. - С. 49-59.
- Дягтерева И.А., Гасимова Г.А. Амарант – источник новых пищевых продуктов и кормовых добавок / И.А. Дягтерева, Г.А. Гасимова. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2015. № 223. – С. 58-61.
- Использование кормового концентрата из растительного сырья "Сарепта" в комбикормах

для осетровых рыб / С. И. Николаев, В. Г. Дикусаров, Д. А. Ранделин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 118. – С. 1623-1636.

4. Использование продуктов переработки семян масличных культур в комбикормах для сельскохозяйственной птицы и объектов аквакультуры / А. С. Власов, В. Г. Фризен, С. И. Николаев [и др.] // Главный зоотехник. – 2023. – № 5(238). – С. 22-32.

5. Паламарчук Р. А. и др. Состояние системы антиоксидантной защиты организма карпа при скармливании амаранта (*Amaranthus Linnaeus*, 1753) в стандартных и стрессовых условиях выращивания // Рибогосподарська наука України. – 2019. – № 1. – С. 68-85.

6. Паламарчук Р. А., Дерень О. В. Определение эффективности использования амаранта (*Amaranthus*) в кормлении карпа при разных условиях выращивания // Рибогосподарська наука України. – 2018. – № 2. – С. 103-115.

7. Паламарчук Р. А., Дерень О. В., Коба С. А.



Продуктивные и репродуктивные показатели карпа при введении в состав корма амаранта // Рыбосподарська наука України. – 2020. – № 2. – С. 38-52.

8. Пахомов В. И. Состояние и перспективы использования растительного сырья в кормах для аквакультуры (обзор) / Пахомов, В. И., Хлыстунов, В. Ф., Брагинцев, С. В., Бахчевников, О. Н // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – Т. 23. – № 3. – С. 281-294.

9. Применение высокобелковых нетрадиционных кормовых источников в рецептурах комбикормов для радужной форели / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, А. А. Каширина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. –

2023. – № 1(69). – С. 339-345.

10. Применение комбикормов с использованием местных кормовых источников при выращивании радужной форели / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, О. В. Корнеева [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3(59). – С. 324-333.

11. Урсу Р. В. Количественный и качественный аминокислотный анализ альтернативных источников протеина в комбикормах / Урсу, Р. В., Гусева, Ю. А., Пигина, С. Ю., Васильев, А. А., Воронцова, Е. С. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4 (68). – С. 362-369.

#### Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### References

1. Alamdari, H. Ispol'zovanie gidrolizata rybnogo belka dlya kormleniya osetrovyyh ryb / H. Alamdari, S. V. Ponomarev // Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo. - 2013. - № 11. - S. 49-59.

2. Dyagtereva I.A., Gasimova G.A. Amaranat – istochnik novyyh pishchevyyh produktov i kormovyh dobavok / I.A. Degtereva, G.A. Gasimova. Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Baumana. 2015. № 223. – S. 58-61.

3. Ispol'zovanie kormovogo koncentrata iz rastitel'nogo syr'ya "Sarepta" v kombikormah dlya osetrovyyh ryb / S. I. Nikolaev, V. G. Dikusarov, D. A. Randelin [i dr.] // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 118. – S. 1623-1636.

4. Ispol'zovanie produktov pererabotki semyan maslichnykh kul'tur v kombikormah dlya sel'skohozyajstvennoj pticy i ob'ektov akvakul'tury / A. S. Vlasov, V. G. Frizen, S. I. Nikolaev [i dr.] // Glavnyj zootekhnik. – 2023. – № 5(238). – S. 22-32.

5. Palamarchuk R. A. i dr. Sostoyanie sistemy antioksidantnoj zashchity organizma karpa pri skarmlivanii amaranta (Amaranthus Linnaeus, 1753) v standartnykh i stressovykh usloviyakh vyrashchivaniya // Ribogospodars'ka nauka Ukraini. – 2019. – № 1. – S. 68-85.

6. Palamarchuk R.A., Deren' O. V. Opredelenie effektivnosti ispol'zovaniya amaranta (Amaranthus) v kormlenii karpa pri raznykh usloviyakh vyrashchivaniya // Ribogospodars'ka nauka Ukraini. – 2018. – № 2. – S. 103-115.

7. Palamarchuk R. A., Deren' O. V., Koba S. A. Produktivnye i reproduktivnye pokazateli karpa pri vvedenii v sostav korma amaranta // Ribogospodars'ka nauka Ukraini. – 2020. – № 2. – S. 38-52.

8. Pahomov V. I. Sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya rastitel'nogo syr'ya v kormah dlya akvakul'tury (obzor) / Pahomov, V. I., Hlystunov, V. F., Braginec, S. V., Bahchevnikov, O. N // Agramaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2022. – Т. 23. – № 3. – С. 281-294.

9. Primenenie vysokobelkovyyh netraditsionnykh kormovykh istochnikov v recepturah kombikormov dlya raduzhnoj foreli / S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, A. A. Kashirina [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2023. – № 1(69). – С. 339-345.

10. Primenenie kombikormov s ispol'zovaniem mestnykh kormovykh istochnikov pri vyrashchivanii raduzhnoj foreli / S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, O. V. Korneeva [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2020. – № 3(59). – С. 324-333.

11. Ursu R. V. Kolichestvennyj i kachestvennyj aminokislotnyj analiz al'ternativnykh istochnikov proteina v kombikormah / Ursu, R. V., Guseva, YU. A., Pigina, S. YU., Vasil'ev, A. A., Voroncova, E. S. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2022. – № 4 (68). – С. 362-369.

#### Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

#### Информация об авторах

**Бибиков Семен Олегович**, канд. с.-х. наук, Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственный холдинг "Амарантагро", bibikovso@gmail.com

**Николаев Сергей Иванович**, д-р с.-х. наук, зав. кафедрой «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», Волгоградский государственный аграрный университет, nikolaevvolgau@yandex.ru



**Шкаленко Вера Владимировна**, д-р биол. наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», Волгоградский государственный аграрный университет, vera.shkalenko@mail.ru

**Чехранова Светлана Викторовна**, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», Волгоградский государственный аграрный университет, schekhranova@mail.ru

**Даниленко Ирина Юрьевна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», Волгоградский государственный аграрный университет, taranova\_15@mail.ru

#### **Author information**

**Bibikov Semyon O.**, Candidate of Agricultural Sciences, Limited Liability Company Scientific and Production Holding "Amarantagro", bibikovso@gmail.com

**Nikolaev Sergey I.**, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University, nikolaevvolgau@yandex.ru

**Shkalenko Vera V.**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals", Volgograd State Agrarian University, vera.shkalenko@mail.ru

**Chehranova Svetlana V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Feeding and Breeding of farm Animals", Volgograd State Agrarian University, schekhranova@mail.ru

**Danilenko Irina Y.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University, taranova\_15@mail.ru

Статья поступила в редакцию 29.01.2024; одобрена после рецензирования 04.03.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 29.01.2024; approved after reviewing 04.03.2024; accepted for publication 11.03.2024.







## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 637.12`639:636.084.5  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.24.94.004

**ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА КОЗЬЕГО МОЛОКА, ПОЛУЧЕННОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТИОКСИДАНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ**

*Людия Григорьевна Каширина* <sup>1</sup>✉, *Людмила Алексеевна Павлова* <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>1</sup> kashirina@rgatu.ru

<sup>2</sup> ludmila.kuzmenco@yandex.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** Проблема выявления механизмов регуляции свободнорадикальных реакций в физиологических процессах организма на данный момент остается открытой. Известно, что антиоксиданты способны тормозить радикальные процессы окисления в клетках организма. Помимо своей физиологически значимой функции антиоксиданты выполняют существенную технологическую роль, позволяют повысить пищевую ценность продуктов, получаемых от животных, оказывают влияние на органолептические показатели, способствуют продлению сроков хранения, замедляя деструктивные окислительные процессы в составных компонентах продуктов. Целью работы было определение влияния антиоксидантных препаратов «Айсидивит» и «Катазалан» на ветеринарно-санитарную оценку молока коз зааненской породы.

**Методология.** Эксперимент был поставлен в условиях вивария ФГБОУ ВО агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Для этого было отобрано 9 голов коз-аналогов зааненской породы трехлетнего возраста, находящихся в периоде последней трети сукозности, сформированных в три группы по три головы в каждой. Контрольная группа животных была интактной. Животные опытных групп получали антиоксидантные препараты в виде инъекций согласно схеме опыта. В образцах крови подопытных животных изучались некоторые морфологические и биохимические показатели. Ветеринарно-санитарную оценку молока проводили подекадно после окота в течение месяца.

**Результаты.** Известно, что молоко является продуктом крови, поэтому необходимо было рассмотреть вопрос о влиянии препаратов на гематологические показатели коз, которые в последующем могут отразиться на ряде показателей молока. Применение антиоксидантных препаратов способствовало улучшению морфологических показателей крови, увеличению концентрации общего белка у коз опытной группы 1 на 9,2 % и опытной группы 2 на 5,8 % по сравнению с контролем. Уровень глюкозы в крови животных всех групп был в границах референсных значений, однако в опытных группах выше, чем в контроле: в опытной группе 1 на 28,17 % достоверно выше, а в опытной группе 2 – на 15,55 %. Содержание жира и белка в молоке коз опытных групп свидетельствует о действии антиоксидантных препаратов, оказавших влияние на изменение данных показателей в сторону их увеличения, по сравнению с контрольными животными, которые были интактными. Увеличение содержания жира в молоке коз опытной группы 1 по сравнению с контролем составило 0,13 %, а в опытной группе 2 – 0,11 %. Массовая доля белка в молоке животных опытных групп отличались более высокими значениями: в опытной группе 1 они были на 0,16 % выше по сравнению с контрольной группой, а в опытной группе 2 – на 0,11 %.

**Заключение.** Применение антиоксидантных препаратов оказало влияние на содержание общего белка в крови животных, в опытной группе 1 этот показатель был выше по сравнению с опытной группой 2 на 2,2 г/л, что в процентном отношении составило 3,26. На эти показатели, по-видимому, оказали влияние применяемые препараты, которые и определили различия в группах. Это согласуется с данными по содержанию массовой доли белка в молоке. Таким образом, была установлена взаимосвязь концентрации общего белка в крови с показателями его в молоке коз под влиянием антиоксидантов. Применяемые препараты оказали влияние на органолептические показатели молока. Молоко коз в опытных группах приобрело более выраженный сладковатый вкус, который можно объяснить повышенным содержанием глюкозы в крови этих животных, которая в последующем синтезировалась в лактозу молока. Наилучшим образом зарекомендовал себя препарат «Айсидивит», входящие в его состав антиоксиданты – токоферол, ретинол и янтарная кислота – способ-



стествовали активизации и усилению окислительно-восстановительных процессов в организме коз, отразившихся на качестве молока.

**Ключевые слова:** козы, зааненская порода, молоко, антиоксидантные препараты, гематологические показатели, ветеринарно-санитарная оценка молока

**Для цитирования:** Каширина Л.Г., Павлова Л.А. Ветеринарно-санитарная оценка козьего молока, полученного под влиянием антиоксидантных препаратов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №1. С.19-28 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.24.94.004>

Original article

## VETERINARY AND SANITARY EXAMINATION OF GOAT'S MILK UNDER THE INFLUENCE OF ANTIOXIDANT PREPARATIONS

Lidia G. Kashirina <sup>1</sup>✉, Lyudmila A. Pavlova <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>1</sup> [kashirina@rgatu.ru](mailto:kashirina@rgatu.ru)

<sup>2</sup> [ludmila.kuzmenko@yandex.ru](mailto:ludmila.kuzmenko@yandex.ru)

### Abstract.

**Problem and purpose.** The problem of identifying the mechanisms of regulation of free radical reactions in the physiological processes of the body remains open at the moment. It is known that antioxidants are able to inhibit radical oxidation processes in the cells of the body. Also, in addition to their physiologically significant function, antioxidants perform an essential technological role, allow to increase the nutritional value of products obtained from animals, have an effect on organoleptic parameters, contribute to the extension of shelf life, slowing down destructive oxidative processes, and above all fats. The purpose of the research was to study the effect of antioxidant preparations "Asidivit" and "Katazalan" on the veterinary and sanitary evaluation of milk of Saanen goats.

**Methodology.** The experiment was performed in a vivarium of the P.A. Kostychev Agrotechnological University. Were selected 9 heads of goats-analogues of the Saanen breed of 3-year-old age, located in the period of the last third of pregnancy, formed into three groups of 3 heads in each. The control group of animals was intact. Animals of the experimental groups received antioxidant drugs in the form of injections according to the scheme of the experiment. Some morphological and biochemical parameters of blood were studied in blood samples of experimental animals. Veterinary and sanitary evaluation of milk was carried out on a weekly basis after lambing for a month.

**Results.** It is known that milk is a blood product, so it was necessary to consider the effect of drugs on the hematological parameters of goats, which in the future, apparently, will affect a number of milk parameters. The use of antioxidant drugs contributed to the improvement of morphological blood parameters, an increase in the concentration of total protein in the blood serum of goats of Experimental Group 1 by 9.2 % and Experimental Group 2 by 5.8 % compared to the Control. The level of glucose in the blood serum in animals of all groups was within the reference values, however, in the experimental groups it was higher than in the control, in Experimental Group 1 it was significantly higher by 28.17 % than in the control, and in Experimental Group 2 by 15.55 %. The fat content in the chemical composition of the milk of goats of the Experimental group 1 was 0.13 %, and in animals of the Experimental group 2 was 0.11 % higher compared to the control. The mass fraction of protein in the milk of goats of the experimental groups was higher in comparison with the control group by 0.16 % in the Experimental group 1 and by 0.11 % in the Experimental group 2. The fat and protein content in the milk of experimental goats indicate the effect of antioxidant drugs on the increase of these indicators in the experimental groups compared with the control.

**Conclusion.** The use of antioxidant drugs had an effect on the content of total protein in the blood of animals; in Experimental Group 1 this figure was higher than in Experimental Group 2 by 2.2 g/l, which in percentage terms was 3.26. These indicators were apparently influenced by the drugs used, which determined the differences between the groups. This is consistent with data on the content of the mass fraction of protein in milk. Thus, a relationship was established between the concentration of total protein in the blood and its indicators in goat milk under the influence of antioxidants. The drugs used had an impact on the organoleptic characteristics of milk. The milk of goats in the experimental groups acquired a more pronounced sweetish taste, which can be explained by the increased content of glucose in the blood of these animals, which was subsequently synthesized into milk lactose. The drug "Aisidivit" has proven itself to be the best; its antioxidants - tocopherol, retinol and succinic acid - contributed to the activation and strengthening of redox processes in the body of goats, which affected the quality of milk.

**Key words:** goats, Saanen breed, milk, antioxidant preparations, hematological parameters of goats, veterinary and sanitary evaluation of milk.



**For citation:** Kashirina L.G., Pavlova L.A. Veterinary and sanitary examination of goat's milk under the influence of antioxidant preparations. // Herald of Ryazan State Agro-Technical University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 1, P. 19-28 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.24.94.004>

### Введение

На фоне обострения проблемы продовольственной безопасности и потребности в импортозамещении сельскохозяйственной продукции необходимо внедрять новые подходы и технологии в агропромышленный комплекс. В настоящее время использование антиоксидантных препаратов в животноводстве рассматривается как одно из звеньев обеспечения высококоротельного и конкурентоспособного производства сельскохозяйственной продукции [2; 3; 8; 10-12].

Антиоксидантами являются разнообразные смеси минералов, витаминов, трав и различных добавок, которые ограждают клетки организма от воздействия активных форм кислорода, в том числе свободных радикалов, неконтролируемая активность которых может вызвать окислительный стресс с последующим повреждением клеточных мембран, белков, жиров, сосудистых стенок и даже ДНК ядра клеток [1; 7].

В середине XX столетия советским лауреатом Нобелевской премии Семеновым Н.Н. было изучено воздействие свободных радикалов на окисление липидов клеточной мембраны. С тех пор накоплен колоссальный опыт экспериментальных исследований, подтверждающих значимую роль свободных радикалов в патологических и физиологических процессах, протекающих в клетках организма. Однако на данный момент остается открытой проблема выявления механизмов регуляции свободнорадикальных реакций в физиологических процессах организма.

Следует отметить, что помимо физиологически значимой функции, антиоксиданты выполняют существенную технологическую роль, позволяют повысить пищевую ценность продуктов, получаемых от животных, сохраняя их вкус, цвет и аромат. Кроме того, антиоксиданты способствуют продлению сроков хранения пищевых продуктов, замедляя деструктивные окислительные процессы, протекающие в их составных компонентах (прежде всего в жирах).

Главным фактором химической порчи молока и молочных продуктов считается окисление жиров. Гидроперекиси жирных кислот являются первичными продуктами окисления, поэтому процесс называют перекисным окислением липидов (ПОЛ). Первичные процессы ПОЛ не оказывают существенного влияния на органолептические показатели продуктов. Однако накопление их в молочном жире способствует образованию вторичных продуктов окисления, в результате которых усиливается синтез альдегидов, пероксидов, оксикислот и других веществ, которые влияют на изменение вкуса, запаха, цвета молока. Более того, такие продукты окисления могут привести к образованию ядовитых веществ [5]. В связи с этим возникает необходимость контролировать показатели окислительной активности молока при технологических процессах.

Пониженное содержание насыщенных жирных кислот в молоке при одновременном увеличении их ненасыщенных форм отражается на процессах антиокислительной защиты, что может служить индикатором свободнорадикального окисления молока [4]. По данным ряда авторов, в козьем молоке отмечается высокий уровень насыщенных жирных кислот со средней и короткой длиной молекулярной цепи [1]. Однако существуют противоречивые мнения относительно содержания ненасыщенных жирных кислот в молоке коз. Некоторые исследователи указывают на низкий уровень содержания таких кислот [13], в то время как другие утверждают обратное – их повышенное содержание [9]. В любом случае, данное соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот оказывает влияние на процессы антиокислительной защиты молока.

Известно, что на развитие свободнорадикальных процессов в организме животных оказывает влияние уровень антиоксидантов. Результатами исследований Yangilar F. (2013) установлено, что содержание в молоке коз аскорбиновой кислоты и ретинола (витамина А) выше по сравнению с коровьим молоком, при равном содержании токоферола (витамина Е) [14].

Целью исследования было изучение влияния антиоксидантных препаратов «Айседивит» и «Катазалан» на ветеринарно-санитарную оценку молока зааненских коз.

### Материалы и методы исследования

Опыт проводился в виварии агротехнологического университета имени П.А. Костычева в период с марта 2023 года по июнь 2023 года. Для исследований были отобраны 9 голов суягных коз-аналогов зааненской породы трехлетнего возраста, находящихся в третьем периоде сукозности, сформированных в три группы по 3 головы животных в каждой: контрольную и две опытные. Козы разных групп размещались в разных загонах, в одном помещении, при свободном содержании и доступе к кормам и воде (рис. 1).

Животные, участвующие в опыте, регулярно проходили клинический осмотр, оценивалось их физиологическое состояние. Физиологические показатели коз приведены в таблице 1.

Кормление было трехразовое, рационы составлены с учетом живой массы, физиологического состояния животных и продуктивности. В состав рациона входили грубые, сочные и концентрированные корма. Рацион козوماتок содержал 1,8 ЭКЕ; 18,8 МДж обменной энергии; 169,5 г переваримого протеина; 240,9 г сырого протеина; 8,78 г кальция; 6,04 г фосфора и соответствовал нормам кормления [6].

Козы контрольной группы были интактными, опытные получали антиоксидантные препараты, приведенные в таблице 2.





Рис. 1 – Содержание зааненских коз  
Fig. 1 – Saanen goats management

Таблица 1 – Физиологические показатели коз (n=9)

| Группа      | Показатели      |                                 |                       |                        |                        |
|-------------|-----------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|             | Живая масса, кг | Удой за предыдущую лактацию, кг | Температура тела, ° С | Число дых. движ. /мин. | Пuls, кол-во уд. /мин. |
| Контрольная | 50,5±0,55       | 657,8±14,7                      | 39,7±0,20             | 24,5±2,5               | 88±4                   |
| Опытная 1   | 50,1±0,30       | 652,5±14,1                      | 39,5±0,20             | 24,0±1,5               | 85±7                   |
| Опытная 2   | 49,8±0,20       | 653,9±15,1                      | 39,1±0,35             | 24,5±1,5               | 86±4                   |

Таблица 2 – Схема исследований

| Группа      | Кол-во голов | Наименование препарата, доза и кратность введения  |
|-------------|--------------|--|
| Контрольная | 3            | Интактные животные   |
| Опытная 1   | 3            | «Айсидивит» внутримышечно в дозе 4 мл/голову один раз в двое суток за месяц до предполагаемого окота |
| Опытная 2   | 3            | «Катазалан» внутримышечно в дозе 2 мл/голову раз в две недели за два месяца до предполагаемого окота |

Приведем характеристику антиоксидантных средств, используемых в экспериментальных исследованиях.

«Айсидивит» представляет собой комплексный иммуностимулирующий лекарственный препарат, в состав которого входит: токоферол, ретинол и янтарная кислота. Ретинол регулирует окислительно-восстановительные процессы, протекающие в клеточных структурах организма, оказывает непосредственное влияние на продуктивность и качество продуктов животного происхождения. Токоферол является одним из наиболее активных антиоксидантов и обладает выраженным синергетическим действием с ретинолом, улучшая его доступность организму животных. Янтарная кислота способствует регуляции окислительно-восстановительного баланса в организме.

«Катазалан» – это витаминно-минеральный

комплекс, в составе которого находятся антиоксиданты селен и витамин Е. Селен активизирует обменные процессы в организме, снижает образование перекисей. Действие витамина Е подобно действию селена, в комбинации он усиливает его эффективность.

Для определения гематологических показателей кровь отбирали из яремной вены в верхней трети шеи по общепринятой методике, в утренние часы, до кормления. В цельной крови, используя гематологический анализатор «AbacusJunior 5VET», определяли количество лейкоцитов, эритроцитов, содержание общего гемоглобина, гематокрит. Образцы крови центрифугировали (6000 об/мин в течение 5 мин), получая сыворотку, которую помещали в пластиковые пробирки типа Эппендорф и хранили при температуре -20° С в морозильной камере. Для оценки биохимических



показателей крови ее размораживали, анализ осуществляли на автоматическом анализаторе «ChemWell2910Combi».

Пробы молока отбирали и готовили к анализу в соответствии с ГОСТ 26809.1-2014. Продуктивность коз и качество молока определяли индивидуально методом контрольных доек. Среднюю пробу от каждой козы помещали в пробирки объемом 100 мл. Нумерацию проб молока осуществляли в соответствии с инвентарным номером животного. Пробы хранились в холодильнике при температуре +4° С в течение трех часов. Для определения массовой доли жира и белка использовали прибор «Лактан 1-4 М».

Кислотность молока определяли титриметрическим методом с применением индикатора фенолфталеина, согласно ГОСТ Р 54669-2011. Плотность – ареометром в соответствии с ГОСТ Р54758-2011. Органолептические исследования были проведены согласно ГОСТ 32940-2014.

Исследования крови и молока от подопытных животных проводились в научно-исследовательской лаборатории ФГБОУ ВО РГАУ имени П. А. Костычева.

Статистическую обработку полученных результатов выполняли с помощью программы Microsoft Excel, используя расширение «Attestat» версии 12.5 и «Biostat» версии 7. Для сравнения выборок средних для независимых выборок применили методы непараметрической статистики, включая вычисление «U-критерия Манна-Уитни».

#### Результаты исследований и их обсуждение

Поскольку молоко самок является продуктом крови, то для определения его состава и качества при испытании любых препаратов необходимы исследования гематологических показателей. Результаты гематологического анализа коз приведены в таблице 3. Из таблицы следует, что показатели всех групп животных находились в пределах референсных значений. В то же время в опытных группах ряд показателей отличались от контрольных. Например, содержание лейкоцитов в опытной группе 1 было выше на 7,1 %, чем в контроле, а в опытной группе 2 – на 4,1 %, что свидетельствует о повышении иммунитета коз под влиянием препаратов. В этих же группах отмечено более высокое содержание эритроцитов на 11,1 % в опытной группе 1 и на 8,7 % в опытной группе 2.

Величина концентрации гемоглобина в опыт-

ных группах была выше, чем в контроле, в опытной группе 1 на 4,6 %, в опытной группе 2 – на 4,4 %. Известно, что эритроциты участвуют в дыхании, осуществляя функцию по переносу газов. Эту функцию выполняет гемоглобин, который входит в их состав, он также участвует в поддержании кислотно-щелочного равновесия крови.

Из приведенных выше показателей следует, что оба препарата активизировали и усиливали окислительные процессы в организме коз. Однако препарат «Айсидивит», используемый в опытной группе 1, проявил себя с лучшей стороны по сравнению с «Катазаланом», который был применен в опытной группе 2.

Белкам плазмы крови принадлежит основная роль в обменных и выделительных процессах организма, в частности, они принимают участие в транспортировке питательных и лекарственных веществ. Приведем результаты по определению содержания общего белка, альбумина и глобулина в сыворотке крови коз в период после родов (табл. 3). Установлено увеличение содержания общего белка в сыворотке крови животных опытных групп по сравнению с контрольными. Причем в опытной группе 1 они были выше по сравнению с опытной группой 2 на 2,2 г/л, что в процентном отношении составило 3,26. На эти показатели, по-видимому, оказали влияние применяемые препараты, которые и определили различия в группах.

Остановимся подробнее на белковых фракциях. Известно, что альбумины поддерживают онкотическое и осмотическое давление, осуществляя транспорт жирных кислот. Содержание альбумина в плазме крови животных разных групп было различным. Отмечена разница в пользу опытных групп по сравнению с контролем. Она составила 22,8 % в опытной группе 1 и 18,3 % в опытной группе 2. Глобулины в крови обеспечивают транспорт липидов, гормонов, витаминов, выполняют защитную функцию. Значительны были различия по содержанию глобулина. В опытной группе 1 величина его была на 19,1 %, а в опытной группе 2 на 9,5 % больше по сравнению с контролем. Показатели по концентрации белка и его фракций в опытной группе 1 были выше, чем в опытной группе 2 и контроле, что свидетельствует о различиях в составе применяемых препаратов в опытных группах, которые и оказали положительное влияние на показатели крови коз.

Таблица 3 – Гематологические показатели коз в 1-й месяц лактации (n=9)

| Показатели                      | Референсные показатели | Группа      |             |               |
|---------------------------------|------------------------|-------------|-------------|---------------|
|                                 |                        | Контрольная | Опытная 1   | Опытная 2     |
| Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л   | 4-13                   | 9,8±1,1     | 10,5±0,6    | 10,2 ± 0,8    |
| Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л | 6-13                   | 10,3±0,9    | 11,5±1,7*   | 11,2±0,75     |
| Гемоглобин, г/л                 | 80-115                 | 90,5±1,8    | 94,7±1,4**  | 94,5 ± 1,35** |
| Гематокрит, %                   | 23-35                  | 28,35±1,26  | 29,68±1,85  | 29,53±1,65    |
| Общий белок, г/л                | 61,0-75,0              | 63,8±1,8    | 69,7±1,7    | 67,5±1,5***   |
| Альбумин г/л                    | 23,0-36,0              | 26,7±0,9    | 32,8±0,7*** | 31,6±0,9*     |



Продолжение таблицы 3

|                     |           |           |              |              |
|---------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| Глобулин, г/л       | 27,0-44,0 | 29,3±6,4  | 34,9±6,2***  | 32,1±6,8**   |
| Мочевина, ммоль/л   | 4,5-9,2   | 7,68±0,44 | 8,45±0,44*   | 7,82±0,65*   |
| Креатинин, мкмоль/л | 60-135    | 69,4±2,8  | 69,0±2,0*    | 69,1±1,8*    |
| Глюкоза, г/л        | 2,7-4,2   | 2,84±0,15 | 3,64±0,13*** | 3,12±0,12    |
| Холестерин, ммоль/л | 1,7-3,5   | 3,38±0,14 | 3,16±0,12*** | 3,24±0,16    |
| АЛТ, ед/л           | 15-52     | 19,8±1,2  | 23,48±1,1*** | 21,91±1,2*** |
| АСТ, ед/л           | 66-230    | 94,5±5,2  | 97,7±4,3*    | 99,8±5,6**   |

Примечание: достоверные различия между группами животных: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$

Величина концентрации мочевины и креатинина в крови характеризует функцию печени, почек и мышечной ткани. Поскольку эти показатели во всех группах были на уровне референсных значений, это говорит о нормальной деятельности вышеуказанных органов, и используемые препараты не оказали отрицательного влияния на эти показатели. Тем не менее в опытных группах показатели мочевины были выше по сравнению с контролем. В опытной группе 1 разница по сравнению с контролем составила 10,0 %, а с опытной группой 2 – 8,0 %, что свидетельствует об усилении обменных процессов в организме животных под влиянием применяемых препаратов

Уровень глюкозы в сыворотке крови животных всех групп был в пределах референсных значений, однако в опытных группах выше, чем в контроле, в опытной группе 1 на 28,17 % достоверно выше, в опытной группе 2 – на 15,55 %.

Показатель уровня холестерина у коз, получавших антиоксидантные препараты, имел более низкие значения по сравнению с показателями

контрольной группы. Данные изменения происходили под влиянием применяемых препаратов.

Среди множества ферментов, связанных с обменом белков и аминокислот, особый интерес представляют такие как аспартатаминотрансфераза (АСТ) и аланинаминотрансфераза (АЛТ). У животных опытных групп наблюдалось достоверное увеличение активности АСТ по сравнению с контрольной группой, в опытной группе 1 на 3,27 % ( $P < 0,005$ ) и в опытной группе 2 на 5,31 % ( $P < 0,01$ ). Уровень фермента АЛТ у коз опытной группы 1 увеличился на 16,67 % ( $P < 0,001$ ), а у животных опытной группы 2 на 9,63 % ( $P < 0,001$ ) относительно контроля. Таким образом, была отмечена тенденция к повышению ферментативной активности АЛТ и АСТ в крови коз, получавших антиоксидантные препараты, что может быть связано с повышенной активностью их в клетках тканей организма.

Данные о молочной продуктивности и ветеринарно-санитарных показателях молока представлены на рисунках 2, 3, 4.

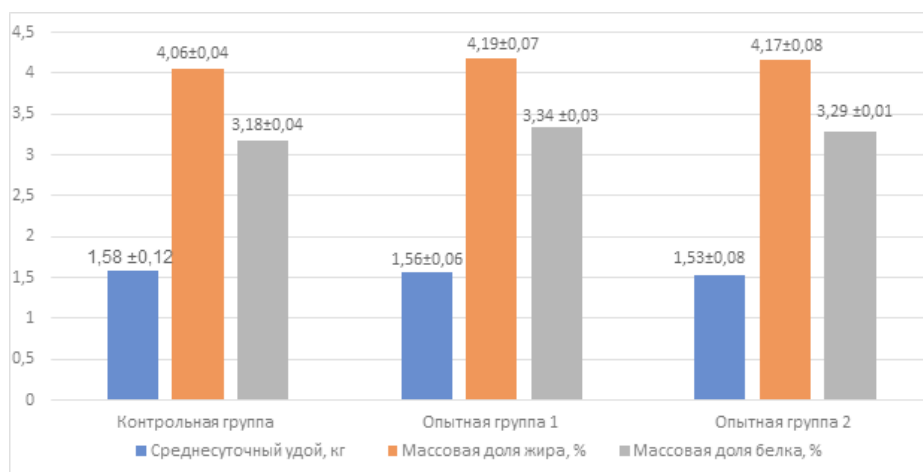


Рис. 2 – Среднесуточный удой коз и массовая доля молочного жира и белка в 1-ый месяц лактации (n=9)

Fig. 2 – Average daily milk yield of goats and the mass fraction of milk fat and protein in the 1st month of lactation (n=9)

При изучении показателей кислотности молока было установлено, что в опытных группах под влиянием антиоксидантных препаратов наблюдалось существенное снижение данного параметра (рис. 3).



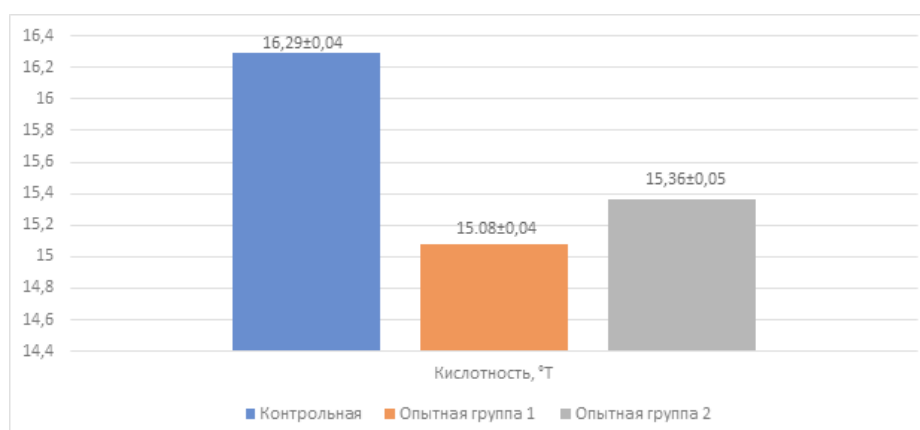


Рис. 3 – Кислотность молока коз в 1-ый месяц лактации (n=9)  
Fig. 3 – Acidity of goat milk in the 1st month of lactation (n=9)

Плотность молока подопытных коз всех групп находилась в пределах нормы (от 1,027 до 1,038 г/см) (рис. 4). При анализе данного показателя было выявлено, что препараты, используемые в эксперименте, не оказали существенного влияния на плотность молока.

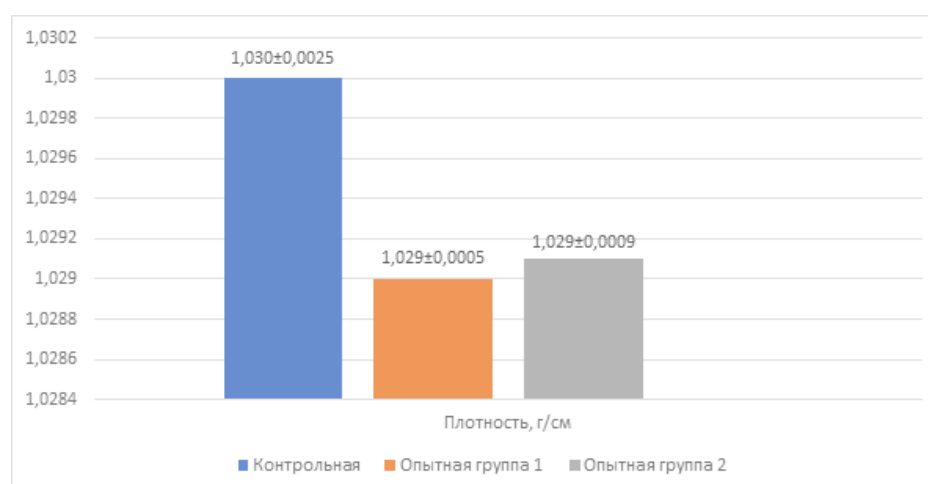


Рис. 4 – Плотность молока коз в 1-ый месяц лактации (n=9)  
Fig. 4 – Goat milk density in the 1st month of lactation (n=9)

Молочная продуктивность коз опытных и контрольной групп в первый месяц лактации составляла в среднем 1,55 килограмма молока в сутки, т.е. была примерно одинаковой (рис. 2). Одним из основных показателей, определяющих качество молока, является содержание жира, так как молочный жир придает молоку и молочным продуктам приятный вкус и мягкую консистенцию. Содержание жира в молоке коз опытной группы 1 в среднем составило 4,19 %, что было на 0,13 % больше по сравнению с контролем, и на 0,11 % по сравнению с опытной группой 2.

Молочный белок оказывает влияние не только на питательную ценность молока, но и на его технологические свойства и качество продуктов, изготовленных из него. Содержание белка в молоке коз опытных групп было выше по сравнению с контролем: на 0,16 % в опытной группе 1 и на 0,11% в опытной группе 2.

Данные по содержанию доли жира и белка в молоке опытных и контрольных животных свиде-

тельствуют о действии антиоксидантных препаратов, под влиянием которых прослеживается тенденция к их повышению.

Были проведены органолептические исследования козьего молока, полученного при использовании антиоксидантных препаратов (табл. 4).

Определяли цвет, консистенцию, запах и вкус молока. Для установления цвета молока при отраженном дневном свете его наливали в бесцветную стеклянную емкость. Консистенцию молока устанавливали при медленном переливании тонкой струйкой по стенке стеклянной емкости. В струйке, и по оставшемуся после нее следу, устанавливали наличие загрязнений и хлопьев. В момент открывания сосуда и при переливании молока оценивали запах. После кипячения устанавливали вкус молока, для этого смачивали им поверхность языка. Было установлено, что органолептические показатели молока, полученного от животных всех групп, соответствовали нормативным показателям. Однако молоко коз опытных групп отличалось от



контрольных. Оно приобрело более выраженный сладковатый вкус, обусловленный повышенным

содержанием глюкозы в крови, которая в последующем синтезировалась в лактозу молока.

Таблица 4 – Органолептические показатели молока коз

| Показатели                 | ГОСТ 32940-2014 Межгосударственный стандарт «Молоко козье сырое»                    | Контрольная группа   | Группа Опытная 1  | Группа Опытная 2  |
|----------------------------|---|--|---|---|
| Внешний вид и консистенция | Однородная жидкость без осадка и хлопьев белка                                      | Однородная жидкость без осадков и хлопьев белка  | Однородная жидкость без осадков и хлопьев белка                           | Однородная жидкость без осадков и хлопьев белка                           |
| Вкус и запах               | Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему козьему молоку | Вкус сладковато-соленый. Выраженный специфическим запахом, свойственный козьему молоку | Вкус сладковатый. Слабый специфический запах, свойственный козьему молоку | Вкус сладковатый. Слабый специфический запах, свойственный козьему молоку |
| Цвет                       | От белого до светло-кремового   | Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе.                                  | Молочно-белый, равномерный по всей массе.                                 | Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе.                     |

### Заключение

Экспериментальные исследования были проведены на козах зааненской породы в период последней трети сукозности. Это один из самых важных периодов в жизни самок и ожидаемого от них потомства. Поскольку в этот период плод в утробе матери набирает наибольшую массу, сама мать готовится к ответственному мероприятию – к окоту и от того, как пройдут эти процессы, в последующем будет зависеть молочная продуктивность козы и жизнеспособность потомства. Применение антиоксидантных препаратов «Айсидивит» и «Катазалан» на организм коз в условиях вивария, было выполнено с целью определения их влияния на ветеринарно-санитарную оценку молока. Известно, что молоко является продуктом крови, поэтому необходимо было рассмотреть вопрос о влиянии препаратов на гематологические показатели коз, которые в последующем, по-видимому, отразятся на показателях молока.

Полученные результаты экспериментальных исследований позволили сделать следующие выводы:

1. Антиоксидантные препараты «Айсидивит» и «Катазалан», примененные на козах зааненской породы в период последней трети сукозности, оказали влияние на изменение гематологических показателей:

– при использовании препарата «Айсидивит» у животных опытной группы 1 содержание эритроцитов увеличилось на 1,2 единицы по сравнению с контролем и на 0,3 по сравнению с опытной груп-

пой 2, где применен был препарат «Катазалан»;

– содержание гемоглобина в опытной группе 1 было на 4,2 г/л больше, чем в контроле и на 0,2 г/л, чем в опытной группе 2;

– содержание общего белка в опытной группе 1 было на 5,9 г/л больше, чем в контроле и на 2, 2 г/л, чем в опытной группе 2.

Подобные изменения наблюдались в показателях белковых фракций: альбумина и глобулина, мочевины, глюкозы, ферментов АЛТ и АСТ.

Таким образом, было установлено, что применение препарата «Айсидивит», в составе которого были токоферол, ретинол и янтарная кислота, являющиеся сильными антиоксидантами, активизировало работу красного костного мозга, усиливало обменные процессы в организме животных, что нашло свое отражение в гематологических показателях.

2. Гематологические показатели оказали влияние на состав молока:

– массовая доля жира в молоке коз в опытной группе 1 была на 0,13 % больше, чем в контроле и на 0,2 %, чем в опытной группе 2;

– массовая доля белковой составляющей в опытной группе 1 увеличилась на 0,16 % по сравнению с контролем и на 0,05 % с опытной группой 2;

– показатель кислотности молока коз опытной группы 1 был на 1,21° T ниже, чем в контроле и на 0,3° T, чем в опытной группе 2;

– плотность молока в опытных группах была на одном уровне и выше, чем в контроле.

3. Использование разных антиоксидантных



препаратов оказало влияние на органолептические показатели молока коз в группах. Молоко коз, полученное от опытных животных, имело лучшие органолептические показатели: выраженный молочный вкус, запах и цвет в отличие от контрольных.

#### Список источников

1. Высокогорский, В.Е. Антиокислительные свойства молока в разных зонах Омской области / В.Е. Высокогорский, Т.Д. Воронова, В. Веселов // Молочная промышленность. – 2009. – №10. – С. 73-74.

2. Иванищев, К.А. Ветеринарно-санитарная экспертиза молока и молочных продуктов коров при применении антиоксидантных препаратов: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / К.А. Иванищев; РГАТУ. – Чебоксары, 2020.

3. Кулаков, В.В. Сравнительная оценка влияния вакцинального стресса на ряд физиологических показателей, продуктивность и показатели молока коров / В. В. Кулаков, И. Ю. Быстрова, Н. О. Панина // Молочнохозяйственный вестник. – 2021. – № 1(41). – С. 44-53.

4. Лисицин А.Б., Тунеева Е.К. Горбунова Н.А. Окисление липидов: Механизм, динамика, ингибирование // Все о мясе. 2015. № 1.С. 10–15.

5. Лудан В. В., Польская Л. В. Роль антиоксидантов в жизнедеятельности организма // ТМБВ. 2019. №22 (3), 86-92.

6. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: РАСХН ВГНИИЖ, 2003. – 456 с.

7. Остапчук П. С., Зубоченко Д. В., Кувейда Т. А. Роль антиоксидантов и использование их в живот-

новодстве и птицеводстве. Аграрная наука Северо-Востока, 2019. 20 (2), 103-117.

8. Романов, К. И. Взаимосвязь концентрации продуктов перекисного окисления липидов в крови и молоке новотельных коров / К. И. Романов // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2018. – № 3(39). – С. 3-7.

9. Симоненко С.В., Лесь Г.М., Хованова И.В. и др. Особенности состава козьего молока как компонента продуктов питания // Биохимия. ТрудыБГУ. – 2009. – Т. 4, ч. 1. – С. 109-116.

10. Щербакова, И.В. Перекисное окисление липидов у кроликов под влиянием настоя плодов ирги обыкновенной / И. В. Щербакова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2023. – Т. 254, № 2. – С. 321-325.

11. Щербакова, И.В. Перекисное окисление липидов у кроликов под влиянием настоя плодов ирги обыкновенной / И. В. Щербакова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2023. – Т. 254, № 2. – С. 321-325.

12. Kashirina, L. Studying the processes of lipid peroxidation in the organism of fresh cows under the antioxidant impact / L. Kashirina, K. Ivanischev, K. Romanov // E3S Web of Conferences, Yekaterinburg, 19–20 февраля 2020 года. – Yekaterinburg, 2020. – P. 02001.

13. Park Y.W., Juarez M., Ramos M., Haenlein G.F.W. Physicochemical characteristics of goat and sheep milk // Small Rumin. Res. – 2007. – Vol. 68. – P. 88–113.

14. Yangilar F. As a potentially functional food: goats' milk and products // J. Food Nutr. Res. – 2013. – Vol. 1, N 4. – P. 68-81.

#### Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### References

1. Vysokogorskij, V.E. Antiokislitel'nye svojstva moloka v raznyh zonah Omskoj oblasti / V.E. Vysokogorskij, T.D. Voronova, V. Veselov // *Moloch'naya promyshlennost'*. – 2009. – №10. – S. 73-74.

2. Ivanishchev, K.A. Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza moloka i molochnyh produktov korov pri primenenii antioksidantnyh preparatov: Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata veterinarnykh nauk / K.A. Ivanishchev; RGAU. – Cheboksary, 2020.

3. Kulakov, V.V. Sravnitel'naya ocenka vliyaniya vakcinal'nogo stressa na ryad fiziologicheskikh pokazatelej, produktivnost' i pokazateli moloka korov / V. V. Kulakov, I. YU. Bystrova, N. O. Panina // *Molochnohozyajstvennyj vestnik*. – 2021. – № 1(41). – S. 44-53.

4. Lisicin A.B., Tuneeva E.K. Gorbunova N.A. Okislenie lipidov: Mekhanizm, dinamika, ingibirovanie // *Vse o myase*. 2015. № 1. S. 10–15.

5. Ludan V. V., Pol'skaya L. V. Rol' antioksidantov v zhiznedeyatel'nosti organizma // *TMBV*. 2019. №22 (3), 86-92.

6. Normy i raciony kormleniya sel'skohozyajstvennykh zhivotnykh: spravochnoe posobie / pod red. A. P. Kalashnikova, V. I. Fisinina, V. V. SHCHeglova, N. I. Klejmenova. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: RASKHN VGNIIZH, 2003. – 456 s.

7. Ostapchuk P. S., Zubochenko D. V., Kuevda T. A. Rol' antioksidantov i ispol'zovanie ih v zhivotnovodstve i pticevodstve. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2019. 20 (2), 103-117.

8. Romanov, K. I. Vzaimosvyaz' koncentracii produktov perekisnogo okisleniya lipidov v krovi i moloke novotel'nykh korov / K. I. Romanov // *Aktual'nye voprosy veterinarnoj biologii*. – 2018. – № 3(39). – S. 3-7.

9. Simonenko S.V., Les' G.M., Hovanova I.V. i dr. Osobennosti sostava koz'ego moloka kak komponenta produktov pitaniya // *Biokhimiya. TrudyBGU*. – 2009. – Т. 4, ch. 1. – S. 109-116.





10. SHCHerbakova, I.V. *Perekisnoe okislenie lipidov u krolikov pod vliyaniem nastoya plodov irgi obyknovennoj* / I. V. SHCHerbakova // *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Baumana*. – 2023. – Т. 254, № 2. – С. 321-325.

11. SHCHerbakova, I.V. *Perekisnoe okislenie lipidov u krolikov pod vliyaniem nastoya plodov irgi obyknovennoj* / I. V. SHCHerbakova // *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Baumana*. – 2023. – Т. 254, № 2. – С. 321-325.

12. Kashirina, L. *Studying the processes of lipid peroxidation in the organism of fresh cows under the antioxidant impact* / L. Kashirina, K. Ivanischev, K. Romanov // *E3S Web of Conferences, Yekaterinburg, 19–20 fevralya 2020 goda*. – Yekaterinburg, 2020. – P. 02001.

13. Park Y.W., Juarez M., Ramos M., Haenlein G.F.W. *Physicochemical characteristics of goat and sheep milk* // *Small Rumin. Res.* – 2007. – Vol. 68. – R. 88–113.

14. Yangilar F. *As a potentially functional food: goats' milk and products* // *J. Food Nutr. Res.* – 2013. – Vol. 1, N 4. – R. 68-81.

*Contribution of the authors:*

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

#### **Информация об авторах**

**Каширина Лидия Григорьевна**, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры анатомии и физиологии животных, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kashirina@rgatu.ru

**Павлова Людмила Алексеевна**, аспирант кафедры анатомии и физиологии животных, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ludmila.kuzmenco@yandex.ru

#### **Author Information**

**Kashirina Lidia G.**, Doctor of Biological Science, Full Professor, Professor of the Department of Anatomy and Physiology Animals, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, kashirina@rgatu.ru

**Pavlova Lyudmila A.**, graduate student of the Department of Anatomy and Physiology Animals, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, ludmila.kuzmenco@yandex.ru

*Статья поступила в редакцию 29.01.2024; одобрена после рецензирования 04.03.2024; принята к публикации 11.03.2024.*

*The article was submitted 29.01.2024; approved after reviewing 04.03.2024; accepted for publication 11.03.2024.*





## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 621.77.04  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.66.72.005

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА КАЧЕСТВО ПОЧВЫ И ВОДЫ В НАЦИОНАЛЬНОМ  
ПАРКЕ СУАНШОН, ПРОВИНЦИЯ ФУТХО**

**Анатолий Яковлевич Клочков<sup>1</sup>✉, Яков Михайлович Глухих<sup>2</sup>, Чан Чонг Тхыонг<sup>3</sup>, Чан Тхи Хай Иен<sup>4</sup>, Анна Петровна Адылина<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>2,5</sup> ФГАУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, Россия

<sup>3</sup> Государственный Университет по землеустройству, г. Ханой, Вьетнам

<sup>4</sup> Вьетнамский агро-лесохозяйственный колледж Донг Бак, г. Ханой, Вьетнам

<sup>1</sup> klochkov500@mail.ru

<sup>2</sup> Gluhihyak@gmail.com

<sup>3</sup> tranthuongnb.vn@gmail.com

<sup>4</sup> tranyen.nldb@gmail.com

<sup>5</sup> Dmitr1eva@mail.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** В данной статье представлены результаты исследования воздействия сельскохозяйственной и лесной производственной деятельности на окружающую среду в районе национального парка Суаншон.

**Методология.** Исследование свойств почвы в различных типах насаждений (ре, бодхи, акация, жир) позволяет определять более низкое содержание азота, фосфора и гумуса, чем естественные леса и сменная обработка. Наша методология позволила оценить плодородный слой по кислотности земель в этом районе от слабокислой до очень кислого состояния почвы на этой местности.

**Материалы.** Статистический ежегодник земель Вьетнама. Сводный отчет о реализации плана освоения лесных угодий в провинции Футхо. Отчет, объясняющий текущее состояние землепользования в провинции Фу Тхо. Отходы и выбросы сельскохозяйственной промышленности и лесного хозяйства на территории национального парка Суаншон, пробы почвы, поверхностных и подземных вод в зоне исследования, Национальный технический регламент по качеству поверхностных вод Вьетнама. Сравнительная характеристика Российской и международной практики учёта материально - производственных запасов. Национальная база данных Республики Вьетнам. Открытая база данных Российской Федерации.

**Методы исследования.** Методика управления в рыночных условиях. Методика обучения искусственного интеллекта на основе науки для исследований окружающей среды в районе национального парка, позволяющей определить методику приоритетов и риска для управления проектами в рыночных условиях региона, объясняющей текущее состояние землепользования в провинции Фу Тхо. Статистические методы обработки результатов исследования объектов окружающей среды (почва, поверхностные и подземные воды), анализ национальных стандартов Вьетнама. Применение минимального объёма выборки, необходимого для оценки статистики на основе допустимой погрешности, т.е. определение доли тех или иных значений в районе деятельности исследователя. Обучение искусственного интеллекта на основе науки для анализа и прогноза деятельности сельскохозяйственного региона. Методы использования формулы Словина. Методы оценки и анализ факторов внутренней и внешней среды, влияющих на систему менеджмента качества интегрированной корпоративной структуры района. Риски реализации инновационной стратегии предприятия. Особенности разработки и внедрения системы менеджмента качества в регионе. Монографические исследования терминов «эффективность» и «результативность» системы менеджмента качества. Подход к моделированию процессов функционирования метрологических лабораторий в различных режимах. Проектирование адаптивной системы качества района.

**Результаты.** В анализе путём обучения (обобщения) на основе науки использования формулы Словина исследований окружающей среды в районе национального парка определено количество от-



ходов, образующихся в результате производственной деятельности, влияющих на качество почвы и воды. На этой территории подсчитано около 130-162 тонн твердых отходов/к общей площади лесонасаждений. Количество твердых отходов животноводства составляет около 36952,6 тонн/год и сточных вод животноводства около 20410,8-41734,1 м<sup>3</sup>/год. Количество отходов упаковки составило около 0,16 - 0,22 т/год. Результаты оценки современного состояния качества поверхностных вод показали, что величины COD, аммония и взвешенных веществ в воде превышают нормы по требованиям стандартов Республики Вьетнам QCVN 08:2015/BTNMT. По сравнению со стандартами QCVN 09:2015/BTNMT качество подземных вод в этом районе не пострадало от сельскохозяйственной и лесохозяйственной деятельности и соответствует принятым нормам в этом регионе провинции Футхо.

**Заключение.** В исследовании предложен ряд решений для управления деятельностью по развитию сельского и лесного хозяйства и решение возникающих экологических проблем с целью улучшения качества окружающей среды в регионе.

**Ключевые слова:** животноводство, качество поверхностных вод, качество подземных вод, лесопосадки, свойства почвы.

**Для цитирования:** Клочков А.Я., Глухих Я.М., Чан Чонг Тхьонг, Чан Тхи Хай Иен, Адылина А.П. Оценка воздействия некоторых видов сельскохозяйственной и лесохозяйственной деятельности на качество почвы и воды в национальном парке Суаншон, провинция Футхо. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №1. С 29-39 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.66.72.005>

### Original article

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CERTAIN AGRICULTURAL AND FORESTRY ACTIVITIES ON SOIL AND WATER QUALITY IN SUAN SON NATIONAL PARK, FUTHO PROVINCE

Anatoly Ya. Klochkov <sup>1</sup>✉, Yakov M. Glukhikh <sup>2</sup>, Chan Chong Thuong <sup>3</sup>, Chan Thi Hai Yen <sup>4</sup>, Anna P. Adylina <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>2,5</sup> Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> State University of Land Management, Hanoi, Vietnam

<sup>4</sup> Vietnamese Agro-Forestry College Dong Bak, Hanoi, Vietnam

<sup>1</sup> klochkov500@mail.ru

<sup>2</sup> Gluhihyak@gmail.com

<sup>3</sup> tranthuongnb.vn@gmail.com

<sup>4</sup> tranyen.nldb@gmail.com

<sup>5</sup> Dmitr1eva@mail.ru

### Annotation.

**Problem and purpose.** This article presents the results of a study of the impact of agricultural and forestry production activities on the environment in the area of the Suan Son National Park.

**Methodology.** Studies of soil properties in various types of plantings (re, bodhi, acacia, fat) make it possible to determine a lower content of nitrogen, phosphorus and humus than natural forests and shift cultivation. Our methodology allowed us to estimate the fertile layer by the acidity of the lands in this area from slightly acidic to very acidic soil conditions in this area.

**Materials.** Statistical Yearbook of the Lands of Vietnam. Summary report on the implementation of the forest development plan in Futho Province. A report explaining the current state of land use in Phu Tho Province. Waste and emissions from agriculture and forestry in the territory of the Suan Son National Park, soil, surface and groundwater samples in the study area, the National Technical Regulations on the quality of surface waters of Vietnam. Comparative characteristics of the Russian and international practice of inventory accounting. The national database of the Republic of Vietnam. An open database of the Russian Federation.

**Research methods.** Management methodology in market conditions. The methodology of artificial intelligence training based on science for environmental research in the area of the national park allows to determine the methodology of priorities and risks for project management in the market conditions of the region, explaining the current state of land use in Phu Tho province. Statistical methods of processing the results of environmental research (soil, surface and groundwater), analysis of national standards of Vietnam. The application of the minimum sample size required to evaluate statistics based on the margin of error, i.e. determining the proportion of certain values in a certain area of activity of the researcher. Teaching artificial intelligence methods based on science to analyze and forecast the activities of an agricultural region. Methods of using the Slovin formula. Methods of assessment and analysis of internal and external environmental





factors affecting the quality management system of the integrated corporate structure of the district. The risks of implementing the company's innovation strategy. Features of the development and implementation of a quality management system in the region. Monographic studies of the terms "efficiency" and "effectiveness" of the quality management system. An approach to modeling the processes of functioning of metrological laboratories in various modes. Designing an adaptive district quality system.

**Results.** In the analysis, through training (generalization) based on the science of using the Slovin formula for environmental research in the area of the national park, the amount of waste generated as a result of industrial activities affecting the quality of soil and water is determined. About 130-162 tons of solid waste/to the total area of planted forests have been calculated in this territory. Solid waste from animal husbandry is about 36952.6 tons/year and animal husbandry, wastewater is about 20410.8 - 41734.1 m<sup>3</sup>/year. The amount of packaging waste was about 0.16 - 0.22 tons/year. The results of the assessment of the current state of surface water quality showed that the indicators of COD, ammonium and suspended solids in water exceed the norms according to the requirements of the standards of the Republic of Vietnam QCVN 08:2015/BTNMT. Compared to QCVN 09:2015/BTNMT standards, the groundwater quality in this area has not been affected by agricultural and forestry activities and meets below accepted standards in this region of Futho Province.

**Conclusion.** The study proposes a number of solutions for managing agricultural and forestry development activities and solving emerging environmental problems in order to improve the quality of the environment in the region.

**Key words:** animal husbandry, surface water quality, groundwater quality, forest plantations, soil properties.

**For citation:** Klochkov A.Ya., Glukhikh Ya.M., Chan Chong Thuong, Chan Thi Hai Yen, Adylina A.P. Assessment of the impact of certain types of agricultural and forestry activities on soil and water quality in Suan Son National Park, Futho Province. // Herald of Ryazan State Agro-Technical University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P. 29-39 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.66.72.005>

## Введение

В данной статье представлены результаты исследования по методикам управления проектами в рыночных условиях [1] и обучения на основе науки [2] воздействия сельскохозяйственной и лесной производственной деятельности на окружающую среду [3]. На основе наших исследований в соответствии с рекомендациями в [4] подсчитано количество отходов, образующихся в результате производственной деятельности, влияющих на качество почвы и воды на территории [5-7] национального парка.

Леса специального назначения в основном используются [8-9] для сохранения естественных лесных экосистем, лесных биологических генетических ресурсов, научных исследований, сохранения историко-культурных реликвий, верований, живописных мест в сочетании с туризмом, экологией, оздоровлением и развлечениями (кроме особо охраняемых природных территорий, лесов специального назначения) [3], оказания лесозоологических услуг (п.2 ст.16/2017/QН14). Национальный парк – это лес специального назначения, имеющий особое положение и значение для страны. Национальный парк имеет общую функцию леса специального назначения и может иметь одну из следующих основных функций: охрана природы и резервация, сохранение видов и местообитаний, охрана ландшафта (п.7 ст.7), 3 Постановления Республики Вьетнама 117/2010 /НДПК от 24.12.2010).

Национальный парк Суаншон расположен в районе Таншон, провинция Футхо; это конечная точка хребта Хоанг Лиен, представляющего собой типичную экосистему, которая пересекает среднюю полосу и горные равнины Северного Вьетнама с тропическими и субтропическими лесами, в которых до сих пор сохранилось множество видов [6]. Редкая и ценная флора и фауна, типичная для Северного горного района Вьетнама [7]. Это также

место для сохранения и защиты водораздела реки Буа, которая обеспечивает водой производство и повседневную жизнь людей, живущих в этом районе. В настоящее время увеличилось количество людей, проживающих в буферной, около 12525 человек, и основной зоне национального парка. Наряду с сельскохозяйственной и лесной производственной деятельностью в этом районе постоянно развиваются такие виды деятельности, как облесение, животноводство, земледелие, выращивание сельскохозяйственных культур, влажного риса и так далее [3]. Деятельность эта частично повлияла на качество окружающей среды, особенно почвы и водной среды [6], когда образуются различные виды отходов, таких как отходы животноводства, опасные отходы (упаковка, пестициды, упаковка удобрений и т. д.), полиэтиленовые пакеты [7].

### 1.Состояние сельскохозяйственной и лесной производственной деятельности в районе национального парка Суаншон

#### \*Текущее состояние лесных ресурсов

Национальный парк имеет общую площадь лесов 15048 га, что составляет 87 % на 2015 год [3]. Площадь естественных лесов составляет 11069,79 гектаров, что составляет 74 % от общей площади. В основном это горные типы леса, скалистые горы и лесопосадки, они составляют 13% (1982,27 га), незапланированные земли составляют 13,3 %, из них земли с сельскохозяйственными культурами составляют 313,05 гектаров [7]. Площадь естественного леса в основном распределена в коммунах Суаншон и Ким [5].

В верхней части лесопосадки в основном распределены в коммуне Суан Дай. Остальная площадь леса распределена в коммунах Донгшон, Лайдонг и Таншон [3]. К 2020 году общая площадь лесов осталась неизменной, из них площадь лесонасаждений увеличилась до 3171,76 гектаров [6], так как часть площади была освоена в соот-



ветствии с критериями лесонасаждений [3,5]. Перед национальным парком стоит задача строгого управления [10,11] и защиты естественной лесной территории [3,7]. В то время как площадь лесонасаждений выделена для управления домохозяйствам площадью 2584,8 га, национальный парк управляет лишь небольшой частью, а некоторые другие владельцы управления, такие как Хуан Дай Forestry Company управляют значительной частью национального парка. Народные комитеты

коммун провинции управляют в пределах своих границ национального парка [7].

*\*Текущее состояние сельскохозяйственной и лесной производственной деятельности*

Текущее состояние сельскохозяйственной и лесной производственной деятельности нами исследовано, разработан [12] и рассчитан в соответствии с методиками и рекомендациями работ [4], сведён в таблицу (Табл.1)

Таблица 1 – Текущее состояние лесных ресурсов на территории национального парка Сюаньшон в 2015 г., единица измерения: га

| Классификация лесов                                       | Национальный парк Суаншон | Коммуна Донгшон | Коммуна Лайдонг | Коммуна Таншон | Коммуна Суаншон | Коммуна Суан Дай | Коммуна Ким |
|---|---------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|-------------|
| Общий   | 15048                     | 1140.27         | 67,16           | 555.05         | 6515.16         | 2796             | 3974,36     |
| 1. Природный лес  | 11069,79                  | 786,68          | 52,95           | 466,43         | 5791,73         | 1212.01          | 2759,99     |
| 2. Плантации леса   | 1982,27                   | 37,39           | -               | 23.50          | 172,82          | 1200,56          | 548.00      |
| - Новые посадки на земле без леса                         | 1982,27                   | 37,39           | -               | 23.50          | 172,82          | 1200,56          | 548.00      |
| 3. Земля без планировки под лесное хозяйство              | 1995,94                   | 316,20          | 14.21           | 65,12          | 550,61          | 383,43           | 666,37      |
| - Земли с посаженными лесами, которые еще не стали лесами | 1.101.01                  | 103,33          | -               | 65,12          | 305,41          | 161,21           | 465,94      |
| - Свободная земля с регенерированными деревьями           | 412,31                    | 121.04          | 8,86            | -              | 156,83          | 85,84            | 39,74       |
| - Пустая земля без восстановленных деревьев               | 29.14                     | 19.36           | -               | -              | -               | 9,55             | 0,23        |
| - Земля с сельскохозяйственными культурами                | 313.05                    | 65,39           | 5,35            | -              | 28.47           | 89,29            | 124,55      |
| - Другая земля в лесном хозяйстве                         | 140,43                    | 7.08            | -               | -              | 59,90           | 37,54            | 35,91       |

(Источник данных инвентаризации лесов [3]. – Национальный парк Суаншон)

По статистическим данным [5] на 2020 год население области составляет 12525 человек с 2908 дворами, из которых 2984 человека и 794 двора расположены в центральной зоне национального парка (рис.).

– На деятельность по облесению приходилось 89,7 % от общего объема деятельности по развитию сельского и лесного хозяйства. Домохозяйства, занимающиеся облесением, составляли только 16 %, остальные совмещали облесение с другими видами деятельности, такими как и животноводство (46,7 %), сельское хозяйство (16,5 %). Люди выращивают в основном такие виды растений как акация, бодхи, жир, ре... могут быть как чистыми видами, так и смешанными видами [3].

На животноводство приходится 57,7 % всего экономического развития территории национального парка. Люди участвуют в выращивании скота и птицы: буйволов, коров, свиней, кур, уток. До-

мохозяйства часто пасут скот и водят птицу в виде вольного выпаса и содержания скота в коровниках. По результатам опроса 48,5 % (47/97 дворов) дворов пасут скот на свободном выгуле, 20,6 % (20/97 дворов) дворов содержат скот в коровниках и, напротив, 31% (30/97 дворов). Люди обычно пасут как домашний скот, так и птицу, в двух вышеуказанных формах. Скот обычно выпускают на улицу, а свиней и кур разводят в клетках [7].

– Сельскохозяйственное производство составило 36,1 %. Это в основном выращивание влажного риса, картофеля, маниоки, некоторых продуктов растениеводства для животноводства. Большая часть источника воды для орошения зависит от природных условий, поэтому в засушливый сезон часто бывает нехватка воды, и, соответственно, площадь мокрого риса располагают в орошаемых местах [3].

– Нами также исследовалась территория про-



винции по физико-механическим свойствам покрова местности для учёта Особенности при разработке и внедрении системы менеджмента качества в корпорации (крупных предпринимателей провинции) [13]. Физические свойства (плотность, пористость) почвы на исследуемой территории различались не слишком сильно. Естественная лесная почва имеет наибольшую пористость [7].

– Содержание гумуса в почве лесопосадок на исследуемой территории колеблется от 2,6 % до 7,8 % по оценочной шкале [3], уровень гумуса колеблется от бедного до богатого, в котором бедная гумусом почва является почвой для выращивания ре (D6), а богатая гумусом почва используется

для выращивания дерева бодхи (D2). Остальные типы леса в основном засажены жиром и акацией и имеют аналогичное содержание гумуса на среднем уровне. При выращивании чистых видов жира и акации содержание гумуса ниже, чем у смешанных видов. Естественных лесных угодий мало, в основном один посев [5]. Участок картофеля и маниоки возделывается на склоне холма, где земля менее наклонная и полностью зависит от природных условий, поэтому урожайность невысока [7]. Другие культуры: кукуруза, фасоль, арахис и т. п. выращиваются на высоких равнинных землях, непригодных для земледелия [3].



Рис. – Экономическое развитие территории национального парка  
Fig. – Economic development of the national park territory

## 2. Оценка воздействия сельскохозяйственной и лесохозяйственной деятельности на качество почвы и воды

### 2.1 Лесоразведение

\* Оценка свойств почвы в типах леса

– Проведен анализ почвы в различных типах леса для оценки изменения свойств почвы в результате облесения для разработки стандартов системы менеджмента качества интегрированных

корпоративных структур [14] провинции Фу Тхо. В этих типах лесов качество питательных веществ в почве [3] определяли через некоторые параметры сравнительной оценки доходности различных видов биржевого бизнеса и перспективы наиболее известных биржевых организаций [15]. Эти результаты расчётов по методике работы авторов [4] представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты анализа свойств почвы в разных типах леса

| Тип леса  | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> | D <sub>3</sub> | D <sub>4</sub> | D <sub>5</sub> | D <sub>6</sub> | D <sub>7</sub> | D <sub>8</sub> | D <sub>9</sub> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Легкоусвояемый фосфор (мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 г) | 0,99           | 0,62           | 1,06           | 1,06           | 1,46           | 1,35           | 1,14           | 5,73           | 4,12           |
| Общий фосфор (%)  | 0,05           | 0,04           | 0,06           | 0,06           | 0,07           | 0,07           | 0,06           | 0,21           | 0,15           |
| Легкоусвояемый азот (мг/100 г)                                  | 0,23           | 0,51           | 0,13           | 0,30           | 0,13           | 0,09           | 0,50           | 0,72           | 0,38           |
| Общий азот (%)  | 0,07           | 0,09           | 0,05           | 0,06           | 0,05           | 0,04           | 0,08           | 0,11           | 0,08           |
| pH KCl  | 3,88           | 4,25           | 3,92           | 3,85           | 3,5            | 3,14           | 3,95           | 4,5            | 5,0            |
| Гумус (%)   | 4,90           | 7,80           | 3,50           | 5,20           | 3,10           | 2,60           | 4,40           | 6,40           | 4,50           |
| Плотность (г/см <sup>3</sup> )                                  | 1,19           | 1,27           | 1,23           | 1,18           | 1,27           | 1,13           | 1,32           | 1,05           | 1,09           |
| Плотность питательных веществ (г/см <sup>3</sup> )              | 2,59           | 2,68           | 2,59           | 2,53           | 2,59           | 2,61           | 2,46           | 2,41           | 2,31           |
| Пористость (%)  | 54,20          | 52,60          | 52,60          | 53,50          | 51,10          | 56,60          | 46,60          | 56,40          | 52,80          |





– Здесь показано, что  $D_8$  относительно богат гумусом, но по сравнению с лесом Бодхи он все же ниже, земля сменной обработки  $D_9$  имеет среднее содержание гумуса.

– Общий азот и легкодоступный азот в почве в районе исследований были на низком уровне, в почве содержание общего азота колеблется в пределах 0,04- 0,11 %, достигая величин от очень плохого уровня до умеренного состояния. Для оценки рисков реализации инновационной стратегии предприятия (сельских хозяйств) [16] мы определяли содержание веществ по методике работы [4]. Оказалось, что в естественной лесной почве имеется среднее содержание азота, а остальные насаждения бедны азотом, при этом наименьшее – в лесных угодьях с ре ( $D_6$ ). В вахтовых посевах содержание общего азота также обнаружено на бедном уровне. Содержание легкоусвояемого азота колеблется от 0,09 мг до 0,72 мг на 100 г почвы, что находится по нашим оценкам в очень бедных пределах величин [3]. Все площади лесопосадок имеют очень низкое содержание усвояемого азота, а дерево бодхи  $D_2$  в посадках имеет более высокое содержание азота, чем остальные насаждения. Естественные леса имеют более высокое содержание усвояемого азота, чем обычные лесонасаждения.

– Содержание общего фосфора колеблется от 0,04 % до 0,21 %, то есть в пределах от очень бедного до богатого. При этом естественные лесные угодья оказались самыми богатыми фосфором на уровне 0,21%, а лесные угодья с лесонасаждением, соответственно, более бедные и средние. Лесные угодья дерева Бодхи  $D_2$  имеют самое низкое содержание фосфора, остальные площади лесных насаждений находятся на среднем уровне [7]. Наш инструментарий [4,17,18] показывает, что горные почвы содержат больше фосфора, чем лесные почвы. Содержание легкоусвояемого фосфора в почве колеблется от 0,62 мг до 5,73 мг  $P_2O_5$  на 100 г почвы, иногда достигая лишь очень бедных и бедных уровней. Наибольшая концентрация

этого фосфора по-прежнему приходится на естественные леса и сменную обработку, остальные лесопосадки бедны таким фосфором.

При общей площади лесонасаждений, в 2020 году составляющей 3171,76 га, наши исследования показали, что общее количество твердых отходов, образующихся в результате лесоразведения, составляет около 130-162 тонн, из которых 98 % составляют пластиковые пакеты, остальное количество отходов приходится на упаковки пестицидов.

Известно, и нами апробировано, чтобы разложить полиэтиленовые пакеты без воздействия солнечных лучей, требуется 500-1000 лет. Поэтому, когда пластиковые пакеты закапывают в почву, это будет препятствовать росту растений, препятствовать росту травы, что приведет к эрозии почвы, влияя на развитие экосистемы [7]. Если полиэтиленовые пакеты бросить в пруды, озера и реки, они забьют стоки, канавы и каналы, повлияв на развитие домашней экосистемы [3].

– Нами обнаружено, что величина pH в почве лесопосадки колеблется от 3,14 до 4,25 в зависимости от типа кислой почвы, и это также отмечено в отчете [6]. Естественная лесная почва  $D_8$  также является кислой почвой, когда pH составляет всего 4,5; заболоченная земля  $D_9$  имеет pH немного выше, достигая 5,0. Таким образом, исследуемая территория относится к кислым почвам [3].

#### *\*Воздействие на наземную и водную среду*

Отходы, образующиеся в результате деятельности по лесоразведению, в основном образуются на этапах мелиорации, посадки и ухода за лесами. Основными отходами являются бытовые стоки, пыль, выхлопные газы (на стадии рекультивации и выравнивания) и полиэтиленовые пакеты, упаковка растений, упаковка удобрений (стадия посадки и ухода). Однако количество отходов, образующихся на стадии рекультивации, незначительно, поэтому в основном твердые отходы образуются на этапе посадки и в результате ухода за насаждениями (табл. 3).

Таблица 3 – Объем твердых отходов, образующихся в результате лесоразведения

| Тип отходов                                    | Используемый объем (кг/га) | Объем отходов (кг/га) |
|--|----------------------------|-----------------------|
| Упаковка пестицидов (кг)                       | 8 - 10                     | 0,8 - 1,0             |
| Полиэтиленовый пакет (мешок)                   | 2000 - 2500                | 40 - 50               |
| Всего отходов (кг/га)                          |                            | 40,8 - 51             |
| Общее количество образовавшихся отходов (тонн) |                            | 130- 162              |

## 2.2 Животноводство

При животноводстве и птицеводстве в основном образуются сточные воды (моча, вода для мытья и т.д.) и твердые отходы (птичий помет, остатки) [3]. По результатам опросов об общем поголовье скота и птицы на изучаемой территории определено количество отходов, образующихся в результате производственной деятельности животноводов, значение которых занесено в таблицу 4.

Результаты анализа по методике [4] в таблице 4 показывают, что общий объем твердых отходов

составляет около 101,24 тонны/день (эквивалент 36952,6 тонны/год) и 55,92-114,34м<sup>3</sup> сточных вод/день (эквивалент 20410,8 - 41734,1 м<sup>3</sup>/год). Отходы животноводства содержат много органических веществ, в том числе азот, фосфор, медь, свинец, цинк... и патогенные микроорганизмы. Поэтому при попадании в почву и водную среду они будут изменять плодородие почвы, нарушать питательные вещества почвы и повышать содержание загрязняющих веществ в водной среде [3].



Таблица 4 – Количество отходов, образующихся в животноводстве

| Вид скота, птицы | Общее поголовье скота и птицы | Среднее количество твердых отходов (кг/голова/день) | Разброс количества сточных вод (литр/голова/день) | Количество твердых отходов (тонн/день) | Количество сточных вод (м <sup>3</sup> /день) |
|------------------|-------------------------------|---|---|--|---|
| Баффало (буйвол) | 2894                          | 15  | 8-12  | 43,41                                  | 23,15 – 34,73                                 |
| Корова           | 3596                          | 10  | 6-10  | 35,96                                  | 21,58 – 35,96                                 |
| Свинья           | 8215                          | 2   | 0,7-2   | 16,43                                  | 5,75 – 16,43                                  |
| Курица           | 19237                         | 0,2   | 0,2-1   | 3,85                                   | 3,85 – 19,24                                  |
| Утка             | 7981                          | 0,2   | 0,2-1   | 1,59                                   | 1,60 – 7,98                                   |
|                  |                               | Общий   |   | 101,24                                 | 55,92–114,34                                  |

### 2.3 Сельскохозяйственная производственная деятельность

Сельскохозяйственная производственная деятельность в основном связана с побочными сельскохозяйственными продуктами, такими как солома, рисовая солома, стебли кукурузы, листья сахарного тростника, верхушки листьев маниоки, остатки маниоки, овощи и т. п. Эти продукты используются для кормления крупного рогатого скота, который не выпускается в окружающую среду. Остальные твердые отходы, такие как упаковка пестицидов, упаковка удобрений выбрасываются в окружающую среду, а не собираются. По результатам наших опросов населения средний расход пестицидов при уходе за влажным рисом и другими культурами составляет около 5-7 кг/га, что

эквивалентно примерно 0,16-0,22 тонн отходов в год, что соответствует базе данных в [3]. Такое количество отходов не собирается большинством людей и часто без разбора сбрасывается в канавы и на возвышенности. Упаковка удобрений возвращается к использованию людьми. В процессе подкормки насаждений, когда растение не усваивает все удобрение, это удобрение будет оставаться (храниться) в почве.

### 2.4 Оценка современного состояния поверхностных вод в районе исследования

Результаты анализа 20 проб по методикам [4,17] поверхностных вод на территориях, непосредственно затронутых лесонасаждениями, животноводством и влажным рисоводством, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты анализа качества поверхностных вод

| Образец                  | pH    | TDS (мг/л) | COD (мг/л) | NO <sub>3</sub> - (мг/л) | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (мг/л) | PO <sub>4</sub> - (мг/л) | TSS (мг/л) | NO <sub>2</sub> - (мг/л) |
|--------------------------|-------|------------|------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| M1                       | 7,0   | 39,4       | 96         | 0,03                     | 0,37                                | <0,01                    | 152        | <0,01                    |
| M2                       | 6,5   | 41,5       | 96         | 0,02                     | 1,31                                | 0,05                     | 123        | <0,01                    |
| M3                       | 6,6   | 40,9       | 96         | 0,04                     | 0,21                                | <0,01                    | 141        | <0,01                    |
| M4                       | 7,5   | 35,2       | 80         | 0,06                     | 0,64                                | 0,02                     | 144        | <0,01                    |
| M5                       | 7,0   | 42,5       | 112        | 0,07                     | 1,02                                | <0,01                    | 126        | <0,01                    |
| M6                       | 6,3   | 36,3       | 96         | 0,07                     | 0,88                                | <0,01                    | 165        | <0,01                    |
| M7                       | 7,3   | 27,6       | 48         | 0,02                     | 0,17                                | <0,01                    | 161        | <0,01                    |
| M8                       | 6,4   | 31,9       | 64         | 0,01                     | 1,11                                | 0,01                     | 132        | <0,01                    |
| M9                       | 6,4   | 35,1       | 64         | 0,02                     | 0,21                                | 0,01                     | 147        | <0,01                    |
| M10                      | 7,2   | 26,5       | 96         | 0,02                     | 0,48                                | <0,01                    | 168        | <0,01                    |
| M11                      | 7,1   | 23,3       | 32         | 0,01                     | 0,52                                | <0,01                    | 113        | <0,01                    |
| M12                      | 6,5   | 22,7       | 80         | 0,03                     | 0,23                                | <0,01                    | 115        | <0,01                    |
| M13                      | 6,2   | 32,6       | 96         | 0,02                     | 0,43                                | 0,03                     | 153        | <0,01                    |
| M14                      | 6,2   | 31,6       | 32         | 0,01                     | 0,54                                | <0,01                    | 144        | <0,01                    |
| M15                      | 6,6   | 33,0       | 64         | 0,03                     | 0,68                                | <0,01                    | 133        | <0,01                    |
| M16                      | 6,3   | 30,0       | 80         | 0,05                     | 0,75                                | <0,01                    | 198        | <0,01                    |
| M17                      | 6,0   | 34,0       | 112        | 0,06                     | 0,60                                | <0,01                    | 143        | <0,01                    |
| M18                      | 7,1   | 26,3       | 32         | 0,03                     | 0,60                                | <0,01                    | 78         | <0,01                    |
| M19                      | 6,9   | 72,5       | 80         | 0,04                     | 0,54                                | <0,01                    | 164        | <0,01                    |
| M20                      | 6,9   | 70,5       | 64         | 0,04                     | 0,24                                | <0,01                    | 154        | <0,01                    |
| QCVN08:2015/<br>ВТНМТ-В1 | 5,5-9 |            | 30         | 10                       | 0,9                                 | 0,3                      | 50         | 0,05                     |

Примечание: TSS:– общее количество взвешенных веществ; COD – химическая потребность в кислороде; TDS – общее количество растворенных твердых веществ



Таким образом, из нашего анализа очевидно, что:

– качество поверхностных вод в районе исследования находится под угрозой, если параметры превышают стандарты QCVN:08:2015/BTNMT, это касается COD,  $\text{NH}_4^+$  и TSS. Значение pH находится в пределах допустимого стандарта, значение TDS не имеет пороговой величины в регламенте [5]. Самые высокие значения TDS можно увидеть [3] в двух местах: M19, M20 на участке ручья Тхак Нгюк, так как и потому, что этот район находится близко к естественному лесу, поэтому концентрация ионов и минералов в естественном лесу более растворена [7]. Однако по сравнению с нормативами подземных вод это значение все же очень мало. Остальные параметры  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^-$  очень малы и находятся на безопасном пороге [3].

– Все результаты нашего анализа TSS показали превышение допустимой нормы в 2-4 раза, за исключением более низкого значения пробы M18 (проба взята из ручья в лесу). Образцы имеют более высокие значения TSS, поскольку на них влияет производственная деятельность, такая деятельность как животноводство, облесение и т. д., а также процесс разложение организмов в воде.

– Значения COD в поверхностных водах в районе исследований многократно превышали допустимые нормы в 2015-2020 годах. В частности, пробы воды, взятые в точках Суой Чиенг (M1-M6), имеют содержание COD в 3-4 раза выше нормы [3]. Согласно нашему опросу в 2023 году на Суой Чианг непосредственно повлияли отходы, сбрасываемые при выращивании влажного риса, животноводстве и лесонасаждениях. Все другие места отбора проб имеют эквивалентные значения COD и превышают допустимые стандарты. Образец M18, взятый из ручья, протекающего в естествен-

ном лесу, имеет самое низкое значение, поскольку это не влияет на качество воды. Образец M11, взятый из ручья Донг Тао, имеет относительно низкий COD. По сравнению с 2023 годом место отбора проб в 2020 году на озере Суаншон имеет относительно высокий уровень COD из-за прямого воздействия животноводства и аквакультуры.

Большинство значений аммония в поверхностных водах не превышают допустимых нормативов, достигая допустимых нормативных порогов. Наибольшее значение превышает норму на позициях M2, M5, M6, M8. Все они взяты в районе Suoi Chieng с учетом воздействия отходов животноводства, пестицидов, удобрений от выращивания влажного риса и лесонасаждений. Проба M8 была нами взята рядом с животноводческими хозяйствами, и отходы были сброшены прямо в ручей. Другие точки отбора проб M13M17 (Хо Суан Сон) имеют аналогичное содержание аммония и также близки к допустимому нормативному порогу [3]. Проба M18, собранная из ручьев в лесу, по-прежнему содержит аммоний, возможно, из-за того, что часть питательных веществ в почве и навоз скота в лесу вымываются, увеличивая содержание аммония в поверхностных водах. Внедрение уточнений в монографические исследования терминов «эффективность» и «результативность» системы менеджмента качества в провинции с 2021 по 2023 год [19] позволило снизить эти показатели в 1,7 раза.

## 2.5 Оценка состояния подземных вод

Проанализировано качество подземных вод в ряде домовладений вблизи участков лесоразведения и животноводческой деятельности. Полученные результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты анализа качества подземных вод

| Номер пробы           | pH | pH      | TDS    | $\text{NH}_4^+$<br>(мг/л) | $\text{NO}_3^-$<br>(мг/л) | $\text{NO}_2^-$<br>(мг/л) | Mn<br>(мг/л) | Fe (мг/л) |
|-----------------------|----|---------|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|-----------|
| 1                     | A1 | 6,05    | (мг/л) | 0,31                      | 0,05                      | <0,01                     | 0,04         | км/ч      |
| 2                     | A2 | 6,30    | 72,5   | 0,17                      | 0,02                      | <0,01                     | 0,06         | км/ч      |
| 3                     | A3 | 5,67    | 54,5   | 0,16                      | 0,02                      | <0,01                     | 0,04         | км/ч      |
| 4                     | A4 | 5,63    | 59,0   | 0,33                      | 0,05                      | <0,01                     | 0,024        | км/ч      |
| 5                     | A5 | 5,26    | 69,6   | 0,48                      | 0,07                      | <0,01                     | 0,056        | 0,045     |
| 6                     | A6 | 6,50    | 45,7   | 0,20                      | 0,03                      | <0,01                     | 0,031        | 0,023     |
| 7                     | A7 | 5,04    | 35,2   | 0,40                      | 0,02                      | <0,01                     | 0,06         | км/ч      |
| 8                     | A8 | 6,44    | 12,7   | 0,47                      | 0,02                      | <0,01                     | 0,08         | 0,071     |
| QCVN<br>09:2015/BTNMT |    | 5,5–8,5 | 1500   | первый                    | 15                        | первый                    | 0,5          | 5         |

Примечание: TDS: – общее количество растворенных твердых веществ

Анализ данных таблицы 6 показал результат хорошего качества при сравнении этих параметров с нормативными показателями [3] по состоянию подземных вод. Более того, оказалось, что нами зафиксированы экспериментальные значения параметров только в районе норматива подземных вод. Большинство показателей значения pH в воде в некоторых точках также имеют цену для анализа качества подземных вод на участках

с очень небольшим значением ниже норматива. Так, например, пробы № 7, взятые на исследование, не превышали стандартного порога в коммуне Ким Туонг, а проба №5 была взята в коммуне Суан Дай. Системный подход к оценке и анализу факторов внутренней и внешней среды, влияющих на систему менеджмента качества интегрированной корпоративной структуры [10], примененный с 2021 года в этом районе, позволил снизить эти





показатели 1,4 раза к 2023 году. Однако в будущем все же необходимо принимать меры по проектированию адаптивной системы [18] по охране качества подземных вод для людей, поскольку агролесомелиоративные мероприятия в национальном парке продолжают и развиваются все больше и больше, поэтому качество окружающей среды также будет улучшаться и подвергаться влиянию человеческого фактора, оценивая риски [16].

### **3. Предложение решений по повышению эффективности управления сельскохозяйственной и лесохозяйственной производственной деятельностью на территории исследования**

– Нами показана возможность оценки и анализа факторов внутренней и внешней среды, влияющих на систему менеджмента качества интегрированной корпоративной структуры [10] управления и охрану лесов специального назначения.

– Осуществлять управление сельскохозяйственными отходами в соответствии с корректирующими действиями в соответствии с методикой, предложенной авторами [13], особенно с отходами животноводства, собирать твердые отходы, образующиеся в результате свободного выпаса скота и птицы [7]. Ограничить свободный выпас скота и птицы на основе системного подхода [14]. Другие отходы, такие как упаковка пестицидов и удобрений, должны собираться в соответствующих местах на взаимовыгодной основе [3]. Проводить очистку сточных вод животноводства перед сбросом в окружающую среду на соответствие норм и правил Республики Вьетнам [3] нормам и правилам законодательства РФ [8, 19].

– Разработать корпоративные программы [3, 8] регулярного мониторинга качества воды в реках и ручьях для оценки качества воды.

– Глубоко и широко развернуть пропаганду и популяризацию закона об управлении и охране лесов среди всех слоев населения путем системного разнообразия форм пропаганды; осуществлять гибкое применение корпоративной интегрированной СМК [18] в соответствии с каждым объектом, а также пропагандистского содержания с применением искусственного интеллекта [3, 8, 10].

– Повышать осведомленность фермеров о методах применения химических удобрений; поощрять использование микробных удобрений вместо обычных химических удобрений; использовать препараты для защиты растений по принципу 4-х правил (правильное лекарство, правильное время, правильный объект, правильная доза), не разбрасывать бутылки без разбора, системно собирать и утилизировать во вторсырьё [3, 8]. Регулярно организовывать повышение квалификации и обучающие занятия [2] лучших практик [10] по использованию удобрений, орошению, осушению и уходу за посевами для фермеров.

– Для изменения структуры растений подбирать сорта растений, подходящие к природным условиям местности, обеспечивая свойства почвы. Системно [12] поощрять людей к использованию биогазовой технологии [3] для обработки отходов животноводства, сводя к минимуму воздействие

отходов на окружающую среду [10], а также системно и эффективно использовать отходы для удобрения сельскохозяйственных культур [3, 8].

– Повсеместно применять технологии биокомпостирования для использования в качестве удобрения для сельскохозяйственных культур.

– Построить демонстрационные модели [17] земледелия на склоновых землях в населенных пунктах. Организовать посещения стационарных моделей земледелия с высокой производительностью, качественным выходом и экономической эффективностью [3] в разных этнических регионах.

– Исследовать и применять системные модели [18] агролесоводства, методы интегрированной СМК [14] ведения сельского хозяйства на склонах (SALT), подходящие для условий каждого региона.

### **Выводы**

Национальный парк Суаншон имеет общую численность населения 12525 человек, проживающих в буферной зоне и центральной зоне. В нём основными видами производственной деятельности являются лесонасаждения (89,7 %), животноводство (57,7 %) и сельскохозяйственное производство (36,1 %). Отходы, образующиеся в результате производственной деятельности, непосредственно влияющие на качество почвы и воды в районе лесоразведения, составляют 130-162 т ТБО/общая площадь лесонасаждений; отходы животноводства – около 36952,6 т ТБО/год и 20410,8- 41734,1 м<sup>3</sup> сточных вод/год; отходы выращивания – около 0,16-0,22 т/год [3]. Эти типы отходов в почве со временем будут накапливаться и смываться в поверхностные и грунтовые воды, вызывая загрязнение окружающей среды, если их не контролировать должным образом. С внедрением в 2020 году интегрированной СМК в провинции Фу Тхо, начиная с 2021 по 2023 год эти типы отходов снизились в 1,3 раза.

По оценке свойств почва в различных типах насаждений имеет более низкое содержание азота, фосфора и гумуса, чем в естественных лесах. Почва леса Бодхи имеет самое высокое содержание гумуса, но очень низкое содержание азота и фосфора; наиболее бедны гумусом лесные уголья, когда аналитические показатели очень малы, а почва сильноокислая; акация и насаждения акации в среднем имеют схожие свойства почвы. Таким образом, выбор видов растений очень важен для улучшения свойств почвы и добавления питательных веществ в почвенную среду.

Оценка текущего состояния качества поверхностных вод в районе показывает, что поверхностные воды подвержены риску воздействия лесонасаждений, животноводства и сельскохозяйственного производства; концентрации COD, аммония, взвешенных веществ в них во много раз превышают нормативные показатели, особенно в местах, близких к свалкам. Качество подземных вод в районе исследования по аналитическим показателям находится в пределах допустимых норм. На качество подземных вод в последние годы сельскохозяйственная и лесохозяйственная деятельность не влияла, так как стали применять СМК. По результатам исследования предложен



ряд решений, связанных с адаптивным интегрированным СМК управлением сельскохозяйственной и лесохозяйственной производственной деятельностью, и решения по обучению и просвещению населения по вопросам охраны окружающей среды.

#### Список источников

1. Глухих, М.А. Управление проектами в рыночных условиях / М.А. Глухих, Т.А. Левина // Сертификация. 2007. № 1. С. 25-28.

2. Клочков, А.Я. Обучение на основе науки / А.Я. Клочков, Т.А. Левина // В мире научных открытий. -2010. -№1-2(7). -С.204-206.

3. Национальная база данных Республики Вьетнам / Главное управление статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gso.gov.vn/wp-content/uploads/2020/09/Nien-giam-thong-ke-day-du-2019.pdf>

4. Техада, Дж. Дж. О неправильном использовании формулы Словина. /Дж. Дж. Техада, Дж. Р. Б. Пунзалан // Филиппинский статистик, 2012. Т.61(1), С.129-136.

5. Департамент сельского хозяйства и развития сельских районов провинции Футхо (2020 г.). Статистический ежегодник земель за период 2015-2020г.

6. Департамент сельского хозяйства и развития сельских районов провинции Футхо (2020г.). Сводный отчет о реализации плана освоения лесных угодий в провинции Футхо на период 2015-2020г.

7. Департамент сельского хозяйства и развития сельских районов провинции Футхо. Отчет, объясняющий текущее состояние землепользования в провинции Фу Тхо, 2020г.

8. Открытая база данных Российской Федерации [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: [https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf14\\_zem\\_117.pdf](https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf14_zem_117.pdf)

9. Левина, Т.А. Сравнительная характеристика Российской и международной практики учёта материально - производственных запасов / Т.А. Левина, А.А. Комарова, А.С. Куликова // Приоритетные научные направления: от теории к практике. 2016. № 24-2. С. 102-106.

10. Клочков, А.Я. Оценка и анализ факторов внутренней и внешней среды, влияющих на систему менеджмента качества интегрированной корпоративной структуры / А.Я. Клочков, Т.А. Левина

// Вестник ТВГУ, серия «Экономика и управление» 2015, вып.2, С.177-187.

11. Левина, Т.А. Проблемы определения понятия интегрированных корпоративных структур / Т.А. Левина // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Право. 2013. № 36. С. 65-77.

12. Makolov, V.I. Assessment of key aspects of the organizational context for quality management / V.I. Makolov, T.A. Levina // International Journal of Economic Perspectives. 2017. v.11. №4. p. 642-651.

13. Салимова, Т.А. Особенности разработки и внедрения системы менеджмента качества в корпорации / Салимова Т.А., Бирюкова Л.И., Левина Т.А., Маколов В.И. // Экономика и предпринимательство. 2015. № 8-2 (61). С.708-713.

14. Салимова, Т.А. Система менеджмента качества интегрированных корпоративных структур / Т.А. Салимова, Л.И. Бирюкова, В.И. Маколов, Т.А. Левина // Стандарты и качество. 2016. № 7. С. 58-62.

15. Левина, Т.А. Сравнительная оценка доходности различных видов биржевого бизнеса и перспективы наиболее известных биржевых организаций / Т.А. Левина, Д.В. Борисова // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2018. № 4 (28). С. 43-49.

16. Борисова, Д.В. Риски реализации инновационной стратегии предприятия / Д.В. Борисова, Т.А. Левина // Вестник Алтайской академии экономики и права. -2020. -№ 4-1. -С. 12-18.

17. Ершов, Д.С. Подход к моделированию процессов функционирования метрологических лабораторий в различных режимах // Д.С. Ершов, Т.А. Левина, С.Н. Юдаев // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2022. Т. 9. -№ 4. С. 15-20.

18. Левина, Т.А. Проектирование адаптивной системы качества на машиностроительных предприятиях / Т.А. Левина, Г.И. Грозовский, А.С. Макушкин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 12. С. 58-61.

19. Алькова, К.И. Монографические исследования терминов «эффективность» и «результативность» системы менеджмента качества / К.И. Алькова, Т.А. Левина // Журнал социологических исследований. 2020. Т. 5. № 3. С. 58-62.

*Вклад авторов:*

*Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

#### References

1. Glukhikh, M.A. Upravleniye proyektami v rynochnykh usloviyakh / M.A. Glukhikh, T.A. Glukhikh // Sertifikatsiya. -2007. № 1. S. 25-28.

2. Klochkov, A.YA. Obucheniye na osnove nauki / A.YA. Klochkov, T.A. Levina // V mire nauchnykh otkrytiy. -2010. №1-2(7). S.204-206.

3. Natsional'naya baza dannykh Respubliki V'yetnam / Glavnoye upravleniye statistiki [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.gso.gov.vn/wp-content/uploads/2020/09/Nien-giam-thong-ke-day-du-2019.pdf>

4. Tekhada, Dzh. Dzh. O nepravil'nom ispol'zovanii formuly Slovina. /Dzh. Dzh. Tekhada, Dzh. R. B. Punzalan // Filippinskiy statistik, 2012. T.61(1), S.129-136.

5. Departament sel'skogo khozyaystva i razvitiya sel'skikh rayonov provintsii Futkho (2020 g.). Statisticheskiy yezhegodnik zemel' za period 2015-2020g.

6. Departament sel'skogo khozyaystva i razvitiya sel'skikh rayonov provintsii Futkho (2020g.). Svodnyy otchet o realizatsii plana osvoyeniya lesnykh ugodiy v provintsii Futkho na period 2015-2020g.

7. Departament sel'skogo khozyaystva i razvitiya sel'skikh rayonov provintsii Futkho. Otchet, ob"yasnyayushchiy



tekushcheye sostoyaniye zemlepol'zovaniya v provintsii Fu Tkho, 2020g.

8. Otkrytaya baza dannykh Rossiyskoy Federatsii [Elektronnyy Resurs]. – Rezhim dostupa: [https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf14\\_zem\\_117.pdf](https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf14_zem_117.pdf)

9. Levina, T.A. Sravnitel'naya kharakteristika Rossiyskoy i mezhdunarodnoy praktiki uchota material'no - proizvodstvennykh zasposov / T.A. Levina, A.A. Komarova, A.S. Kulikova // *Prioritetnyye nauchnyye napravleniya: ot teorii k praktike*. 2016. № 24-2. S. 102-106.

10. Klochkov, A.YA. Otsenka i analiz faktorov vnutrenney i vneshney sredy, vliyayushchikh na sistemu menedzhmenta kachestva integrirovannoy korporativnoy struktury / A.YA. Klochkov, T.A. Levina // *Vestnik TVGU, seriya «Ekonomika i upravleniye»* -2015, -vyp.2, S.177-187.

11. Levina, T.A. Problemy opredeleniya ponyatiya integrirovannykh korporativnykh struktur / T.A. Levina // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pravo*. 2013. № 36. S. 65-77.

12. Makolov, V.I. Assessment of key aspects of the organizational context for quality management / V.I. Makolov, T.A. Levina // *International Journal of Economic Perspectives*. 2017. v.11. №4. p. 642-651.

13. Salimova, T.A. Osobennosti razrabotki i vnedreniya sistemy menedzhmenta kachestva v korporatsii / Salimova T.A., Biryukova L.I., Levina T.A., Makolov V.I. // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2015. № 8-2 (61). S.708-713.

14. Salimova, T.A. Sistema menedzhmenta kachestva integrirovannykh korporativnykh struktur / T.A. Salimova, L.I. Biryukova, V.I. Makolov, T.A. Levina // *Standarty i kachestvo*. 2016. № 7. S. 58-62.

15. Levina, T.A. Sravnitel'naya otsenka dokhodnosti razlichnykh vidov birzhevogo biznesa i perspektivy naiboleye izvestnykh birzhevyykh organizatsiy / T.A. Levina, D.V. Borisova // *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tekhnologiy*. -2018. -№ 4 (28). S. 43-49.

16. Borisova, D.V. Riski realizatsii innovatsionnoy strategii predpriyatiya / D.V. Borisova, T.A. Levina // *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava*. -2020. № 4-1. S. 12-18.

17. Yershov, D.S. Podkhod k modelirovaniyu protsessov funktsionirovaniya metrologicheskikh laboratoriy v razlichnykh rezhimakh // D.S. Yershov, T.A. Levina, S.N. Yudayev // *Mashinostroyeniye: setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal*. -2022. T. 9. № 4. S. 15-20.

18. Levina, T.A. Proyektirovaniye adaptivnoy sistemy kachestva na mashinostroitel'nykh predpriyatiyakh / T.A. Levina, G.I. Grozovskiy, A.S. Makushkin // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki*. 2023. № 12. S. 58-61.

19. Al'kova, K.I. Monograficheskiye issledovaniya terminov «effektivnost'» i «rezul'tativnost'» sistemy menedzhmenta kachestva / K.I. Al'kova, T.A. Levina // *Zhurnal sotsiologicheskikh issledovaniy*. 2020. T. 5. № 3. S. 58-62

*Contribution of the authors:*

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

#### **Информация об авторах**

**Клочков Анатолий Яковлевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», [klochkov500@mail.ru](mailto:klochkov500@mail.ru)

**Глухих Яков Михайлович**, студент 3 курса кафедры «Материаловедение» факультета «Машиностроение» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», [Gluhihyak@gmail.com](mailto:Gluhihyak@gmail.com)

**Чан Чонг Тхьюнг**, канд. наук Сельское хозяйство, АНО ПОО «Колледж экономики, права и информационных технологий», Государственный Университет по землеустройству. Главное управление земельных ресурсов Вьетнама, Министерство природных ресурсов и окружающей среды Вьетнама, Вьетнам, Ханой, [tranthuongnb.vn@gmail.com](mailto:tranthuongnb.vn@gmail.com)

**Чан Тху Хай Иен**, канд. наук Землеустройство, Вьетнамский агро-лесохозяйственный колледж Донг Бак, Вьетнам, Ханой, [tranyen.nldb@gmail.com](mailto:tranyen.nldb@gmail.com)

**Адылина Анна Петровна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Стандартизация. Метрология и сертификация» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» [Dmitr1eva@mail.ru](mailto:Dmitr1eva@mail.ru)

#### **Author information**

**Klochkov Anatoly Ya.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Power Supply, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [klochkov500@mail.ru](mailto:klochkov500@mail.ru)

**Glukhikh Yakov M.**, 3rd year student of the Department of Materials Science of the Faculty of Mechanical Engineering of the Moscow Polytechnic University, [Gluhihyak@gmail.com](mailto:Gluhihyak@gmail.com)

**Chan Chong Thuong**, PhD, Candidate of Sciences, Agriculture, ANO VET "College of Economics, Law and Information Technologies", State University of Land Management. The General Directorate of Land Resources of Vietnam, Ministry of Natural Resources and Environment of Vietnam, [tranthuongnb.vn@gmail.com](mailto:tranthuongnb.vn@gmail.com)

**Chan Thi Hai Yen PhD**, Land Management Vietnam Agro-Forestry College Dong Bak, [tranyen.nldb@gmail.com](mailto:tranyen.nldb@gmail.com)

**Adylina Anna P.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Standardization. Metrology and Certification" Moscow Polytechnic University", [Dmitr1eva@mail.ru](mailto:Dmitr1eva@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 10.12.2023; одобрена после рецензирования 21.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 10.12.2023; approved after reviewing 21.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.





Вестник РГАТУ, 2024, т.16., № 1, с. 40-45  
Vestnik RGATU, 2024, Vol 16., №1, .pp.40-45

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 636.2.034: 636.082  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.83.44.006

### ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ КАППА-КАЗЕИНА И БЕТА-КАЗЕИНА У КОРОВ РАЗНЫХ ГЕНЕТИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ

Сергей Александрович Ламонов <sup>1</sup>✉, Ирина Алексеевна Скоркина <sup>2</sup>,  
Сергей Олегович Снигирев <sup>3</sup>, Петр Юрьевич Фолин <sup>4</sup>, Елена Владимировна Савенкова <sup>5</sup>

<sup>1,2,4,5</sup> ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск, Россия

<sup>3</sup> ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», Подольск, Россия

<sup>1</sup> lamonov.66@mail.ru

<sup>2</sup> iaskorkina@mail.ru

<sup>3</sup> elenagladyr@mail.ru

#### Аннотация.

**Проблема и цель.** Целью нашего исследования явилось изучение полиморфизма гена каппа-казеина и бета-казеина у коров разных породных популяций в двух хозяйствах, расположенных в разных природно-климатических регионах РФ – в Псковской и Тамбовской областях.

**Методология.** Исследования проведены в хозяйствах Псковской и Тамбовской областей. Авторы изучили полиморфизм генов каппа-казеина и бета-казеина у коров голштинской породы черно-пестрой масти и улучшенных голштинами коров черно-пестрой породы в ООО «Слактис» агрофирмы «Кабош» и у коров симментальской породы в племзаводе-учхозе «Комсомолец» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. У подопытных животных взяли образцы крови и провели ДНК-исследования на гены-маркеры молочной продуктивности – каппа-казеин и бета-казеин в специализированной лаборатории ФИЦ ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста. По результатам проведенной научно-исследовательской работы определили не только полиморфизм генов каппа-казеина и бета-казеина, но и частоту встречаемости генотипов (p) и частоту встречаемости аллелей (P) у подопытных коров.

**Результаты.** В выборке коров родственных породных групп черно-пестрого скота преобладают коровы с генотипом АВ по каппа-казеину – 27 голов, или 54,0 %, количество коров с желательным генотипом ВВ по каппа-казеину составило 11 голов, или 22,0 %. В выборке коров симментальской породы наибольший удельный вес приходится на представителей генотипа АВ по каппа-казеину – 48,0 %, а наименьшее количество занимают особи желательного генотипа ВВ – всего лишь 10 голов из 60 коров, или 17,0 %. В выборке коров родственных породных групп черно-пестрого скота преобладают коровы с генотипами А<sub>1</sub>А<sub>1</sub> и А<sub>1</sub>А<sub>2</sub> по бета-казеину – 35 голов, или 70,0 %, количество коров с желательным генотипом А<sub>2</sub>А<sub>2</sub> по бета-казеину составило 15 голов, или 30,0 %.. В выборке коров симментальской породы наибольший удельный вес приходится также на представителей генотипов А<sub>1</sub>А<sub>1</sub> и А<sub>1</sub>А<sub>2</sub> по бета-казеину – 55 голов, или 92,0 %, а наименьшее количество занимают особи желательного генотипа А<sub>2</sub>А<sub>2</sub> по бета-казеину – всего лишь 5 голов из 60 коров, или 8,0 %.

**Заключение.** Исследования показали, что в результате неправильно проводимой селекции в обеих популяциях крупного рогатого скота почти утерян желательный генотип А<sub>2</sub>А<sub>2</sub> по бета-казеину. Поэтому в данных хозяйствах специалистам зоотехнической службы необходимо обратить внимание на систему подбора родительских пар как при индивидуальном, так и при групповом подборе.

**Ключевые слова:** полиморфизм, гены-маркеры, аллель, каппа-казеин, бета-казеин, молочные породы, комбинированные породы, селекция



**Для цитирования:** Ламонов С. А., Скоркина И. А., Снигирев С. О., Фолин П. Ю., Савенкова Е. В. Полиморфизм генов каппа-казеина и бета-казеина у коров разных генетико-экологических популяций // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №1, С.40-45 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2024.83.44.006](https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.83.44.006)

Original article

## POLYMORPHISM OF KAPPA-CASEIN AND BETA-CASEIN GENES IN COWS OF DIFFERENT GENETIC AND ECOLOGICAL POPULATIONS

Sergey A. Lamonov <sup>1✉</sup>, Irina A. Skorkina <sup>2</sup>, Peter Yu. Folin <sup>3</sup>, Sergey O. Snigirev <sup>4</sup>, Elena V. Savenkova <sup>5</sup>

<sup>1,2,4,5</sup> Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

<sup>3</sup> Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L. K. Ernst, Russia, Podolsk, Russia

<sup>1</sup> lamonov.66@mail.ru

<sup>2</sup> iaskorkina@mail.ru

<sup>3</sup> elenagladyr@mail.ru

### Abstract.

**Problem and purpose.** The research was carried out in the farms of the Pskov and Tambov regions. The authors studied the polymorphism of the kappa-casein and beta-casein genes in Holstein cows of black-mottled color and Holstein-improved cows of black-mottled breed in LLC Slaktis of agrofirma Kabosh and in cows of Simmental breed in the Komsomolets stud farm of the Michurinsky State Agrarian University. Blood samples were taken from experimental animals and DNA studies were performed on the genes for markers of dairy productivity - kappa casein and beta casein in the specialized laboratory of FITZ VISION named after academician L.K. Ernst. The aim of the study was to study the polymorphism of the kappa-casein and beta-casein gene in cows of different breed populations in two farms located in different climatic regions of the Russian Federation - in the Pskov and Tambov regions.

**Methodology.** According to the results of the research work carried out, not only the polymorphism of the kappa-casein and beta-casein genes was determined, but also the frequency of occurrence of genotypes (p) and the frequency of occurrence of alleles (P) in experimental cows.

**Results.** In the sample of cows of related breed groups of black-and-white cattle in Slaktis LLC, cows with the AB genotype for kappa - casein predominate – 27 heads or 54.0 %, the number of cows with the desired BB genotype for kappa – casein left - 11 heads or 22.0 . There are practically no differences in the ratio of the frequency of occurrence of alleles A and B, respectively 0.65 and 0.66. In the sample of cows of the Simmental breed, the largest share falls on representatives of the AB genotype according to kappa – casein – 48.0 %, and the smallest number is occupied by individuals of the desired BB genotype – only 10 heads out of 60 cows or 17.0 %. The frequency of occurrence of allele B in this selection was 0.09 less than allele A. In the sample of cows of related breed groups of black-and-white cattle in LLC "Slaktis" cows with genotypes A<sub>1</sub>A<sub>1</sub> and A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> for beta - casein predominate – 35 heads or 70.0 %, the number of cows with the desired genotype A<sub>2</sub>A<sub>2</sub> for beta – casein left - 15 heads or 30.0 %. There are practically no differences in the ratio of the frequency of occurrence of A<sub>1</sub> and A<sub>2</sub> alleles, respectively 0.60 and 0.65.

In the sample of Simmental cows, the highest proportion also falls on representatives of the A<sub>1</sub>A<sub>1</sub> and A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> genotypes for beta – casein – 55 heads or 92.0 %, and the smallest number is occupied by individuals of the desired A<sub>2</sub>A<sub>2</sub> genotype for beta – casein – only 5 heads out of 60 cows or 8.0 %. The frequency of occurrence of the A<sub>1</sub> allele in this selection turned out to be 0.23 more than the A<sub>2</sub> allele.

**Conclusion.** Studies have shown that as a result of improper breeding in both cattle populations, the desired A<sub>2</sub>A<sub>2</sub> beta- casein genotype has almost been lost. Therefore, in these farms, specialists of the zootechnical service need to pay attention to the system of selection of parent pairs, both for individual and group selection.

**Key words:** polymorphism, marker genes, allele, kappa casein, beta casein, dairy breeds, combined breeds, breeding

**For citation:** Lamonov S. A., Skorkina I. A., Folin P. Yu., Snigirev S. O., Savenkova E. V. Polymorphism of kappa-casein and beta-casein genes in cows of different genetic and ecological populations // Herald of Rязan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P.40-45 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2024.83.44.006](https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.83.44.006)

### Введение

В традиционной селекционной работе с крупным рогатым скотом молочного и комбинированного направления продуктивности важное место

постепенно будет занимать геномная селекция. Традиционные методы селекции, особенно первая часть селекционного процесса – отбор, требуют для своего конкретного решения большой про-



межутки времени.

Например, окончательная оценка быков-производителей по качеству потомства завершается к 4-5-летнему возрасту, оценка коров – после окончания первой лактации. А благодаря генам-маркерам молочной продуктивности зоотехники-селекционеры уже заранее – в молодом возрасте – сразу же после рождения теленка – могут сделать селекционный прогноз племенной и продуктивной ценности этого животного [1-5]. Кроме того, рядом проведенных исследований установлено, что не всегда от высокопродуктивных родителей рождается качественное потомство желательного качества [6]. В первую очередь это можно объяснить тем, что во время оплодотворения, при слиянии сперматозоида и яйцеклетки, возможны хромосомные комбинации, состоящие из более 14 миллионов вариантов. И какой конечный вариант в итоге получится, неизвестно.

Наибольшее количество молока, получаемого от коров, используется в качестве сырья для выборки ценных молочных продуктов – творога, сыра, масла и большого ассортимента кисломолочных питьевых продуктов (кефир, простокваша, йогурт и т. д.). Исследованиями установлено, что с хорошими показателями сыропригодности молока связан ген каппа-казеина, особенно в генотипе ВВ.

Немаловажное значение имеет уровень потребления молока населением в натуральном виде – в качестве питьевого молока. Доказано, что потребление натурального питьевого молока, благодаря своей питательности и усвояемости организмом, обеспечивает поддержание иммунитета на хорошем уровне. Но у некоторых людей при употреблении питьевого молока наблюдаются нарушения в состоянии здоровья – это и гиперчувствительность у младенцев, лактозная непереносимость и т.п. То есть не всякое коровье молоко одинаково полезно для человека. И относится это, в первую очередь, к молоку, которое продуцируют коровы с генотипом  $A_1A_1$  и  $A_1A_2$  по бета-казеину. Употребление в пищу такого молока приводит в итоге к образованию в кишечнике ксенобиотика – так называемого бычьего казоморфина (БКМ 7). Особенно страдают от такого молока дети дошкольного возраста – отмечаются случаи возникновения аутизма, нарушение психосоматики и т. д.

Также доказано, что лучшими питательными и лечебными свойствами обладает питьевое молоко, получаемое от коров с генотипом  $A_2A_2$  по бета-казеину. В ряде стран созданы специальные фермы, где содержат коров только с генотипом  $A_2A_2$

по бета-казеину, и молоко от этих коров реализуют через специальную торговую сеть магазинов здорового питания.

В связи с вышеизложенным была изучена характеристика ряда пород крупного рогатого скота разного направления продуктивности по полиморфизму генов-маркеров молочной продуктивности: каппа-казеину и бета-казеину.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проведены в разных природно-климатических регионах Российской Федерации – в Псковской и Тамбовской областях. В первом случае изучили полиморфизм генов каппа-казеина и бета-казеина у коров голштинской породы черно-пестрой масти и улучшенных голштинами коров черно-пестрой породы (обе породы относятся к родственной группе) в ООО «Слакис» агрофирмы «Кабош». Во втором случае изучили полиморфизм генов каппа-казеина и бета-казеина у коров симментальской породы в племязаводе-учхозе «Комсомолец» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ.

У подопытных животных взяли образцы крови и провели ДНК-исследования на гены-маркеры молочной продуктивности – каппа-казеин и бета-казеин в специализированной лаборатории ФИЦ ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста.

Частоту встречаемости генотипов определили по формуле:

$$p = \frac{n}{N}, \quad (1)$$

где  $p$  – частота встречаемости генотипов,  
 $n$  – количество животных, имеющих определенный генотип,

$N$  – общее количество подопытных животных.

Частоту встречаемости аллелей определили по формуле:

$$P = \frac{2N_2 + N_1}{2n} \quad (2)$$

где  $P$  – частота встречаемости аллеля,  
 $N_1$  – количество гомозиготных животных по данному аллелю,

$N_2$  – количество гетерозиготных животных по данному аллелю,

$n$  – общее количество подопытных животных.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Проводя анализ градации животных по генотипам каппа-казеина в породных популяциях коров разных хозяйств, мы установили следующее (табл. 1).

Таблица 1 – Полиморфизм гена каппа-казеина, частота встречаемости генотипов ( $p$ ) и частота встречаемости аллелей ( $P$ ) у коров разных пород

| Породная группа опытных животных | Полиморфизм гена каппа-казеина и частота встречаемости генотипов ( $p$ ) |      |      |      |      |      |      | Частота встречаемости аллелей ( $P$ ) |      |
|----------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|---------------------------------------|------|
|                                  | $n$  | AA   | $p$  | AB   | $p$  | BB   | $p$  | A                                     | B    |
| Симментальская порода            | 60   | 21,0 | 0,35 | 29,0 | 0,48 | 10,0 | 0,17 | 0,66                                  | 0,57 |





|   |    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Родственная группа пород черно-пестрого скота | 50 | 12,0 | 0,24 | 27,0 | 0,54 | 11,0 | 0,22 | 0,65 | 0,66 |
|---|----|------|------|------|------|------|------|------|------|

В выборочной популяции коров родственных породных групп черно-пестрого скота в ООО «Слакис» преобладают коровы с генотипом АВ по каппа-казеину – 27 голов, или 54,0 %, количество коров с желательным генотипом ВВ по каппа-казеину составило 11 голов, или 22,0 %. Число животных гомогенного генотипа АА по каппа-казеину насчитывает 12 голов или 24,0 % от общего поголовья. Наибольшая частота встречаемости генотипов (р) отмечена нами по гетерозиготному генотипу АВ по каппа-казеину и составила 0,54. Частота встречаемости гомогенных генотипов АА и ВВ по каппа-казеину оказалась практически одинаковой и составила, соответственно – 0,24 и 0,22. Наиболее наглядно графика подопытных коров по генотипам каппа-казеина представлена на рисунках 1 и 2.

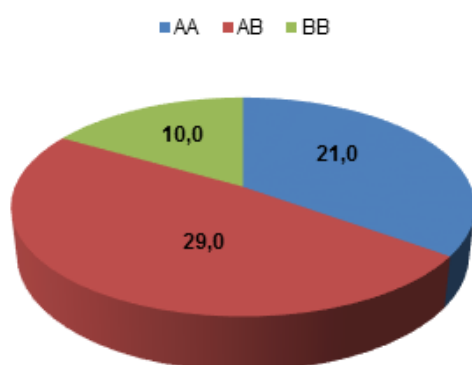


Рис. 1 – Распределение встречаемости генотипов каппа-казеина у коров симментальской породы

Fig. 1 – Distribution of the occurrence of kappa casein genotypes in Simmental cows

По соотношению частоты встречаемости аллелей А и В различий практически нет, соответственно, 0,65 и 0,66.

В изучаемой популяции коров симментальской породы получены практически сходные результаты. Так, наибольший удельный вес приходится на представителей генотипа АВ по каппа-казеину –

48,0 %, а наименьшее количество занимают особи желательного генотипа ВВ – всего лишь 10 голов из 60 коров, или 17,0 %. Число животных гомогенного генотипа АА по каппа-казеину насчитывает 21 голову или 35,0 % от общего поголовья. Наибольшая частота встречаемости генотипов (р) отмечена нами по гетерозиготному генотипу АВ по каппа-казеину и составила 0,48. Частота встречаемости гомогенного генотипа АА по сравнению с гомогенным генотипом ВВ по каппа-казеину оказалась вдвое больше и составила, соответственно – 0,35 и 0,17.

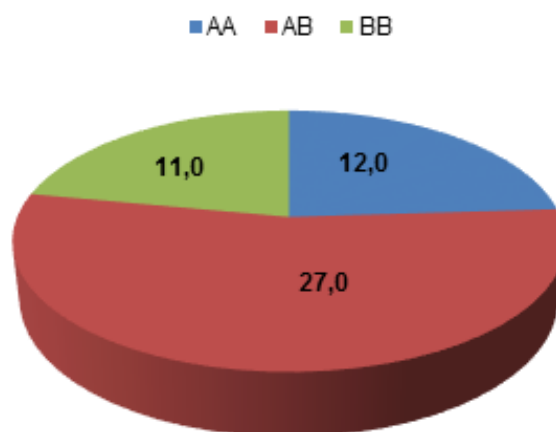


Рис. 2 – Распределение встречаемости генотипов каппа-казеина у коров родственных групп пород черно-пестрого скота

Fig. 2 – Distribution of the occurrence of kappa-casein genotypes in cows of related groups of breeds of black-and-white cattle

Частота встречаемости аллеля В в данной выборке оказалась на 0,09 меньше, чем аллеля А.

Проводя анализ градации животных по генотипам бета-казеина в породных популяциях коров разных хозяйств, мы установили следующее (табл. 2).

Таблица 2 – Полиморфизм гена бета-казеина, частота встречаемости генотипов (р) и частота встречаемости аллелей (Р) у коров разных пород

| Породная группа опытных животных              | Полиморфизм гена бета-казеина и частота встречаемости генотипов (р) |                               |      |                               |      |                               |      | Частота встречаемости аллелей (Р) |                |
|---|---|-------------------------------|------|-------------------------------|------|-------------------------------|------|-----------------------------------|----------------|
|   | n   | A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> | p    | A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> | p    | A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> | p    | A <sub>1</sub>                    | A <sub>2</sub> |
| Симментальская порода                         | 60  | 33,0                          | 0,55 | 22,0                          | 0,37 | 5,0                           | 0,08 | 0,64                              | 0,41           |
| Родственная группа пород черно-пестрого скота | 50  | 10,0                          | 0,2  | 25,                           | 0,5  | 15,0                          | 0,3  | 0,6                               | 0,65           |



Сделав анализ градации животных по генотипам бета-казеина в породных популяциях коров разных хозяйств, мы установили следующее. В выборочной популяции коров родственных породных групп черно-пестрого скота в ООО «Слакитис» преобладают коровы с генотипом  $A_1A_2$  по бета-казеину – 25 голов, или 50,0 %, количество коров с желательным генотипом  $A_2A_2$  по бета-казеину составило – 15 голов, или 30,0 %. Число животных генотипа  $A_1A_1$  по бета-казеину насчитывает 10 голов или 20,0 % от общего подопытного поголовья. Наибольшая частота встречаемости генотипов ( $p$ ) отмечена нами по  $A_1A_2$  по бета-казеину и составила 0,50. Частота встречаемости генотипа  $A_2A_2$  по сравнению с генотипом  $A_1A_1$  по бета-казеину оказалась в полтора раза больше и составила, соответственно – 0,30 и 0,20. Наиболее наглядно градация подопытных коров по генотипам бета-казеина представлена на рисунках 3 и 4.



Рис. 3 – Распределение встречаемости генотипов бета-казеина у коров симментальской породы  
Fig. 3 – Distribution of beta-casein genotypes in Simmental cows

По соотношению частоты встречаемости аллелей  $A_1$  и  $A_2$  различий практически нет, соответственно 0,60 и 0,65.

В изучаемой популяции коров симментальской породы получены несколько иные результаты. Так, наибольший удельный вес приходится также на представителей генотипов  $A_1A_1$  и  $A_1A_2$  по бета-казеину – 55 голов, или 92,0 %, а наименьшее количество занимают особи желательного генотипа  $A_2A_2$  по бета-казеину – всего лишь 5 голов из 60 коров, или 8,0 %. Наибольшая частота встречаемости генотипов ( $p$ ) отмечена нами по  $A_1A_1$  по бета-казеину и составила 0,55. Частота встречаемости генотипа  $A_1A_2$  по сравнению с генотипом  $A_2A_2$  по бета-казеину оказалась почти в пять раз больше, и составила, соответственно – 0,37 и 0,08. Частота встречаемости аллеля  $A_1$  в данной выборке оказалась на 0,23 больше, чем аллеля  $A_2$ .

Полученные данные исследований показали, что в результате неправильно проводимой селекции в обеих производственных популяциях крупного рогатого скота почти утерян желательный генотип  $BB$  по каппа-казеину.

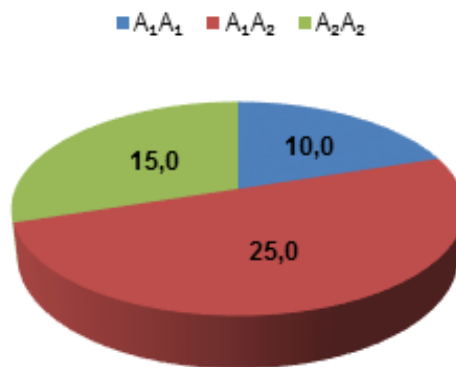


Рис. 4 – Распределение встречаемости генотипов бета-казеин у коров родственных групп пород черно-пестрого скота

Fig. 4 – Distribution of beta-casein genotypes in cows of related groups of black-and-white cattle breeds

Из вышеизложенного материала следует, что применительно к ООО «Слакитис» можно рекомендовать специалистам зоотехнической службы создать производственную группу – после массовой ДНК-диагностики стада – из коров генотипа  $A_2A_2$  по бета-казеину, и получаемое от них гипоаллергенное молоко реализовывать в виде питьевого молока. В стаде коров племязавода-учхоза «Комсомолец» Мичуринского ГАУ из-за малочисленности коров желательного генотипа  $A_2A_2$  по бета-казеину следует предусмотреть комплекс мероприятий по их интенсивному использованию в системе племенного воспроизводства с целью получения от них сыновей – будущих быков-улучшателей по генотипу  $A_2A_2$  по бета-казеину. Молоко, получаемое от коров симментальской породы в данной производственной популяции, рекомендуется использовать для выработки кисломолочных продуктов, и в первую очередь сыров полутвердых сортов, так как к настоящему времени имеются предварительные данные о снижении отрицательного воздействия на организм человека бычьего казоморфина (БКМ 7) при сбраживании такого молока молочнокислыми бактериями.

#### Заключение

Полученные данные исследований показали, что в результате неправильно проводимой селекции в обеих популяциях крупного рогатого скота почти утерян желательный генотип  $A_2A_2$  по бета-казеину. Поэтому в данных хозяйствах специалистам зоотехнической службы необходимо обратить внимание на систему подбора родительских пар как при индивидуальном, так и при групповом подборе. Для быстрого исправления данной ситуации желательно использовать в системе воспроизводства стада быков-производителей с генотипом  $A_2A_2$  по бета-казеину.

#### Список источников

1. Снигирев С.О., Ламонов С.А., Скоркина И.А., Гладырь Е.А. Молочная продуктивность коров-первотелок разных породных групп черно-пестрого скота в зависимости от полиморфизма гена



бета-казеина // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – №1 (72). – С. 86-89.

2. Снигирев С.О., Ламонов С.А., Скоркина И.А., Гладырь Е.А. Молочная продуктивность коров разных генотипических групп черно-пестрого скота в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – №1 (72). – С. 94-97.

3. Фолин П.Ю., Гладырь Е.А., Ламонов С.А., Скоркина И.А. Полиморфизм гена каппа-казеина у коров симментальской породы и показатели их молочной продуктивности за первую лактацию // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – №2 (73). – С. 160-163.

4. Фолин П.Ю., Гладырь Е.А., Ламонов С.А., Скоркина И.А. Полиморфизм гена бета-казеина у коров симментальской породы и показатели их молочной продуктивности за первую лактацию // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – №2 (73). – С. 170-173.

5. Танана Л.А. Использование ДНК-тестирования по гену CSN3 в селекции молочного крупного рогатого скота: монография. – Гродно: ГГАУ: 2014. – 193 с.

6. Ламонов С.А., Скоркина И.А. Целесообразность использования в селекционном процессе коров, рожденных от коров-первотелок // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – №1. – С. 39-42.

#### Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### References

1. Snigirev S.O., Lamonov S.A., Skorkina I.A., Gladyr' E.A. Molochnaya produktivnost' korov-pervotelok raznykh porodnykh grupp cherno-pestrogo skota v zavisimosti ot polimorfizma gena beta-kazeina // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – №1 (72). – S. 86-89.

2. Snigirev S.O., Lamonov S.A., Skorkina I.A., Gladyr' E.A. Molochnaya produktivnost' korov raznykh genotipicheskikh grupp cherno-pestrogo skota v zavisimosti ot polimorfizma gena kappa-kazeina // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – №1 (72). – S. 94-97.

3. Folin P.YU., Gladyr' E.A., Lamonov S.A., Skorkina I.A. Polimorfizm gena kappa-kazeina u korov simmental'skoj porody i pokazateli ih molochnoj produktivnosti za pervuyu laktaciyu // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – №2 (73). – S. 160-163.

4. Folin P.YU., Gladyr' E.A., Lamonov S.A., Skorkina I.A. Polimorfizm gena beta-kazeina u korov simmental'skoj porody i pokazateli ih molochnoj produktivnosti za pervuyu laktaciyu // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – №2 (73). – S. 170-173.

5. Tanana L.A. Ispol'zovanie DNK-testirovaniya po genu CSN3 v selekcii molochnogo krupnogo rogatogo skota: monografiya. – Grodno: GGAU: 2014. – 193 s.

6. Lamonov S.A., Skorkina I.A. Celesoobraznost' ispol'zovaniya v selekcionnom processe korov, rozhdennykh ot korov-pervotelok // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – №1. – S. 39-42.

#### Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

#### Информация об авторах

**Ламонов Сергей Александрович**, д-р с.-х. наук, доцент, Мичуринский государственный аграрный университет, кафедра зоотехнии и ветеринарии, lamonov.66@mail.ru

**Скоркина Ирина Алексеевна**, д-р с.-х. наук, профессор, Мичуринский государственный аграрный университет, кафедра зоотехнии и ветеринарии, iaskorkina@mail.ru

**Снигирев Сергей Олегович**, аспирант, Мичуринский государственный аграрный университет

**Фолин Петр Юрьевич**, аспирант, Мичуринский государственный аграрный университет

**Савенкова Елена Владимировна**, аспирант, начальник издательско-полиграфического центра

#### Author information

**Lamonov Sergey A.**, Doctor of Agricultural Sciences Sciences, Associate Professor, Michurinsk State Agricultural University, Department of Animal Science and Veterinary Medicine, lamonov.66@mail.ru

**Skorkina Irina A.**, Doctor of Agricultural Sciences Sciences, Professor, Michurinsk State Agricultural University, Department of Animal Science and Veterinary Medicine, iaskorkina@mail.ru

**Snigirev Sergey O.**, graduate student, Michurinsk State Agricultural University

**Folin Petr Yu.**, graduate student, Michurinsk State Agricultural University

**Savenkova Elena V.**, graduate student, head of the publishing and printing center

Статья поступила в редакцию 23.01.2024; одобрена после рецензирования 07.03.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 23.01.2024; approved after reviewing 07.03.2024; accepted for publication 11.03.2024.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 631.53.027.2  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.43.81.007

**ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ  
В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Екатерина Ивановна Лупова**<sup>1✉</sup>, **Алексей Игоревич Вертелецкий**<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>1</sup> [katya.lilu@mail.ru](mailto:katya.lilu@mail.ru)

<sup>2</sup> [alexverteletski@mail.ru](mailto:alexverteletski@mail.ru)

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** Целью настоящего исследования было изучение применения регуляторов роста в технологии выращивания ярового двурядного ячменя в условиях Рязанской области.

**Методология.** Научные исследования выполнялись в 2022-2023 гг. в условиях Рязанского района на выщелоченных чернозёмах. Ячмень двурядный (*Hordeum sativum distichon*), сорта Грейс, регуляторы роста Альбит, ТПС и Новосил, ВЭ были определены объектами исследований. Полевые работы проводились в оптимальные агротехнические сроки в соответствии с существующими зональными рекомендациями. Предшественник ярового ячменя в севообороте – озимая пшеница. В полевых исследованиях в течение вегетационного периода изучалась динамика изменения следующих показателей растений ярового ячменя: полевая всхожесть, количество всходов, коэффициент кустистости, количество стеблей, количество растений, сохранность растений к уборке, высота растений, длина колоса, проводились фенологические наблюдения. Проводилось вычисление следующих показателей: масса 1000 зерен, крупность, натура, масса зерна в колосе, урожайность. Все исследования проводились по стандартным методикам.

**Результаты.** В результате исследований выявлено, что обработка семян препаратом Альбит, ТПС повышала полевую всхожесть семян на 6 %, а препаратом Новосил, ВЭ на 8 % в среднем за два года исследований. Альбит, ТПС оказал меньшее влияние на всхожесть в полевых условиях, также как и в лабораторных опытах. Обработка семян ячменя регуляторами роста прерывала их покой и активизировала процессы прорастания. Препараты стимулировали всхожесть зерна. Предпосевная обработка семян ячменя регуляторами роста растений Альбит, ТПС в дозе 1 мл/10 кг и Новосил, ВЭ в дозе 1 мл/10 кг способствовали росту урожайности культуры, что объясняется их высокой биологической активностью относительно иммунитета растений и стимуляции развития вегетативных и генеративных органов растений. Предпосевное использование препарата Новосил, ВЭ в дозе 1 мл/10 кг оказалось более эффективным.

**Заключение.** Результаты исследования по изучению влияния регуляторов роста на вегетацию растений ярового ячменя сорта Грейс в условиях Рязанской области за 2022-2023 гг. позволили выявить, что предпосевная обработка семенного материала препаратами Альбит, ТПС и Новосил, ВЭ улучшила его посевные качества и, как следствие, оказала влияние на продуктивность культуры. Регуляторы роста способствовали сокращению вегетационного периода ячменя, улучшению показателей структуры урожая и урожайности ячменя ярового сорта Грейс в условиях Рязанской области.

**Ключевые слова:** яровой ячмень, регуляторы роста, технология производства, семена, обработка

**Для цитирования:** Лупова Е.И., Вертелецкий А.И. Применение регуляторов роста в технологии выращивания ярового ячменя в условиях Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.1, №16. С.46-53 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.43.81.007>

Original article

**THE USE OF GROWTH REGULATORS IN THE TECHNOLOGY OF GROWING SPRING BARLEY  
IN THE RYAZAN REGION**



Lupova Ekaterina I.<sup>1✉</sup>, Verteletsky Alexey<sup>1,2</sup>

<sup>1,2</sup> Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>1</sup> katya.lilu@mail.ru

<sup>2</sup> alexverteletski@mail.ru

### Abstract.

**Problem and purpose.** The purpose of this study was to study the use of growth regulators in the technology of growing spring double-row barley in the Ryazan region.

**Methodology.** Scientific research was carried out in 2022-2023 in the conditions of the Ryazan region on leached chernozems. The objects of research were double-row barley (*Hordeum sativum distichon*), grade Grace, growth regulators Albit, TPS and Novosil, VE. Field work was carried out in optimal agrotechnical terms in accordance with existing zonal recommendations. The predecessor of spring barley in the crop rotation is winter wheat. In field studies during the growing season, the dynamics of changes in the following indicators of spring barley plants were studied: field germination, number of seedlings, bushiness coefficient, number of stems, number of plants, plant safety for harvesting, plant height, ear length, phenological observations were carried out. The following indicators were calculated: weight of 1000 grains, size, nature, grain weight in an ear, yield. All studies were conducted according to standard methods.

**Results.** As a result of the research, it was revealed that treating seeds with Albit, TPS increased the field germination of seeds by 6%, and with Novosil, VE by 8% on average over two years of research. Albit, TPS had less effect on germination in field conditions, as well as in laboratory experiments. Treatment of barley seeds with growth regulators interrupted their dormancy and activated germination processes. The drugs stimulated grain germination. Pre-sowing treatment of barley seeds with plant growth regulators Albit, TPS at a dose of 1 ml/10 kg and Novosil, VE at a dose of 1 ml/10 kg contributed to an increase in crop yield, which is explained by their high biological activity regarding plant immunity and stimulation of the development of vegetative and generative organs of plants. Pre-sowing use of the drug Novosil, VE at a dose of 1 ml/10 kg turned out to be more effective.

**Conclusion.** Results of a study to study the influence of growth regulators on the growing season of spring barley plants of the Grace variety in the conditions of the Ryazan region for 2022-2023. made it possible to reveal that pre-sowing treatment of seed material with Albit, TPS and Novosil, VE preparations improved its sowing qualities and, as a result, influenced the productivity of the crop. Growth regulators contributed to shortening the growing season of barley, improving the yield structure and yield of spring barley variety Grace in the conditions of the Ryazan region.

**Key words:** spring barley, growth regulators, production technology, seeds, processing

**For citation:** Lupova E.I., Verteletsky A.I. The use of growth regulators in the technology of growing spring barley in the Ryazan region // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 1, P. 46-53 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.43.81.007>

### Введение

Ячмень – одна из важнейших зерновых культур. Ячмень используется как кормовое, продовольственное сырье и сырье для пивоваренной промышленности. Основным путем увеличения производства зерна является повышение урожайности культуры с помощью агротехнических, организационных и экономических мероприятий. Важным является использование новых перспективных высокопродуктивных сортов, научно обоснованной системы земледелия с учетом почвенно-климатических особенностей территории.

В зерне ячменя содержится от семи до пятнадцати процентов белка, который в свой состав включает все незаменимые аминокислоты. Углеводы в зерне ячменя составляют 65 %, жиры 2 %, сырая клетчатка 5,5 %, зола 2,8 %. Ячмень содержит витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, холин, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, Е, Н, РР, а также микроэлементы кремний, калий, кальций, фосфор, железо, кобальт, марганец, медь, молибден, селен, хром, цинк. Зерно ячменя идет на производство ячневой и перловой крупы, муки, ячменного солода, используется как заменитель кофе.

Зерно ячменя используется на корм крупному

рогатому скоту и птице. 1 кг ячменя содержит 1,28 кормовых единиц и 100 г перевариваемого протеина. Ячменная солома содержит примерно в 3,5 раза больше кормовых единиц и перевариваемого протеина по сравнению с ржаной, овсяной и пшеничной соломой. Ячменную солому обычно скармливают животным в запаренном виде. Ячмень является ценным компонентом в рационе для свиней на беконном откорме, улучшает яйценоскость и мясную продуктивность птицы.

Ячмень является ценным компонентом в севообороте. За короткий период развития он интенсивно использует питательные вещества почвы, экономно расходуя воду, оставляет после себя пожнивно-корневые остатки, которые, минерализуясь, повышают почвенное плодородие. Короткий вегетационный период ячменя позволяет высевать после себя быстрорастущие культуры, например рапс, а также дает возможность более рационально использовать технику и снижать напряженность полевых работ [3].

В настоящее время посевные площади под ячменем занимают 46,9 млн га. Это четвертое место после пшеницы, кукурузы и риса. Его выращивают



практически повсеместно, что возможно благодаря высокой экологической пластичности.

В исследованиях установлено, что регуляторы роста благотворно действуют на разнообразные культуры, в том числе на ячмень. Они увеличивают урожайность культур, повышают их экологическую пластичность, устойчивость к болезням и вредителям, улучшают качество продукции. Исходя из этого, актуальным является изучение влияния регуляторов роста на продуктивность ярового ячменя в условиях Рязанской области.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2022-2023 гг. в условиях Рязанского района на выщелоченных чернозёмах. Кислотность почвенного раствора нейтральная или близкая к нейтральной, слабое подкисление наблюдается в нижней границе гумусового горизонта. Емкость поглощения высокая (40-50 мг-экв. на 100 г почвы), почвенный поглощающий комплекс насыщен основаниями. Полуторные окислы практически не передвигаются по профилю [2, 6]. Верхняя часть гумусового горизонта несколько обеднена полуторными окислами и илом, что объясняется их вымыванием тальными водами и ливневыми осадками. Гранулометрический состав почвы тяжелосуглинистый. Уровень почвенного плодородия достаточно высокий, почвы во внесении известковых мелиорантов не нуждаются.

По данным Рязанского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды метеорологические условия вегетационных периодов 2022-2023 гг. определялись весомыми изменениями температурного режима и неравномерной влажностью. Погодные условия были достаточно благоприятными для вегетации яровых зерновых культур.

Объектом исследований явился ячмень двухрядный (*Hordeum sativum distichon*), сорт Грэйс и регуляторы роста Альбит, ТПС и Новосил, ВЭ.

В полевом эксперименте оценивалась эффективность применения регуляторов роста при предпосевной обработке семян. Предпосевная обработка семян осуществлялась в баковой смеси с протравителем (Ламадор Про, КС – 0,5 л/т).

Варианты предпосевной обработки в опыте:

1. Контроль (необработанные семена),
2. Альбит, ТПС – 100 мл/1 т,
3. Новосил, ВЭ – 100 мл/1 т.

Учетная площадь делянки – 50 м<sup>2</sup>. Повторность в опыте – четырехкратная.

Полевые работы проводились в оптимальные агротехнические сроки в соответствии с существующими зональными рекомендациями. Предшественник ярового ячменя в севообороте – озимая пшеница. Посев производился сеялкой СЗ-3,6 с нормой высева 5 млн. всхожих семян на 1 га. Способ посева рядовой в 2022 году 2 мая в 2023 году – 5 мая. Уборка производилась механизировано TERRION-SAMPOSR2010 прямым комбайнированием и вручную. Урожай приведен к 100% чистоте и 12% влажности.

В полевых исследованиях в течение вегетационного периода изучалась динамика изменения следующих показателей растений ярового ячменя: полевая всхожесть, количество всходов, коэффициент кустистости, количество стеблей, количество растений, сохранность растений к уборке, высота растений, длина колоса, проводились фенологические наблюдения [8, 13]. В процессе исследования проводилось также вычисление следующих показателей: масса 1000 зерен, крупность, натура, количество зерен в колосе, урожайность. Все исследования проводились по стандартным методикам.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Опрыскивание семенного материала ячменя исследуемыми регуляторами роста способствовало активизации процессов роста. Препараты стимулировали прорастание зерна: препарат Альбит, ТПС на 2 %, препарат Новосил, ВЭ – на 4 % относительно контроля.

Энергия прорастания семян связана с их всхожестью. Она позволяет оценивать физиологическую зрелость зерна. В опыте в среднем за два года в контрольном варианте энергия прорастания составила 75 %, в варианте с предпосевной обработкой семян энергию прорастания увеличивалась на 8 % при обработке Альбитом, ТПС и на 7 % при обработке Новосилом, ВЭ (рис. 1).

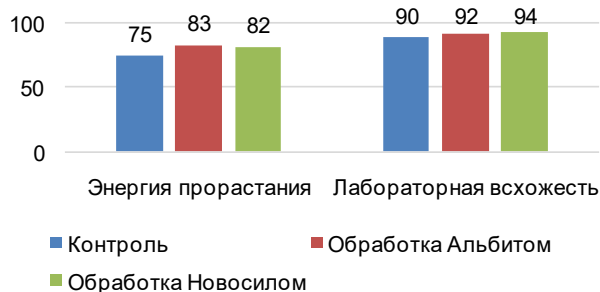


Рис. 1 – Влияние регуляторов роста на посевные качества ячменя, %

Fig. 1 – The effect of growth regulators on the sowing qualities of barley, %

Таблица 1 – Влияние регуляторов роста на полевую всхожесть и количество всходов ячменя, 2022-2023 гг.

| Варианты опыта | Полевая всхожесть |                 | Количество всходов |                                 |
|----------------|-------------------|-----------------|--------------------|---------------------------------|
|                | %                 | ± к контролю, % | шт/м <sup>2</sup>  | ± к контролю, шт/м <sup>2</sup> |
| Контроль       | 72                | 0,0             | 432                | 0                               |
| Альбит, ТПС    | 78                | +6,0            | 466                | +34                             |
| Новосил, ВЭ    | 80                | +8,0            | 481                | +49                             |



Количество всходов зависело от посевных качеств семян и от обработки регуляторами роста. Так, на контроле количество всходов было 432 шт./м<sup>2</sup>, предпосевная обработка семян Альбит, ТПС повысила количество всходов на 34 шт./м<sup>2</sup>, но большее превышение контроля было в варианте с препаратом Новосил, ВЭ – 49 шт./м<sup>2</sup>.

Под коэффициентом общей кустистости понимают отношение всех стеблей к количеству растений. Коэффициент кустистости для получения высокого урожая должен быть не менее 2-2,5. При обработке ячменя регуляторами роста коэффициент кустистости повысился относительно контрольного варианта (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние регуляторов роста на кущение ярового ячменя, 2022-2023 гг.

| Фазы развития ячменя     | Контроль | Альбит, ТПС | Новосил, ВЭ |
|--------------------------|----------|-------------|-------------|
| Общая кустистость        |          |             |             |
| Кущение                  | 2,4      | 2,5         | 2,7         |
| Выход в трубку           | 2,3      | 2,4         | 2,6         |
| Колошение                | 2,1      | 2,2         | 2,4         |
| Продуктивная кустистость |          |             |             |
| Полная спелость          | 1,8      | 1,9         | 2,1         |

Исходя из данных таблицы 2, на контроле общая кустистость в фазе кущения была 2,4, а при использовании Альбита, ТПС и Новосила, ВЭ – 2,5 и 2,7, соответственно. В результате недостатка компонентов питания и влаги происходит отмира-

ние части стеблей к фазе колошения, что приводит к снижению коэффициента кущения. К периоду уборки продуктивная кустистость в варианте с Альбитом, ТПС составила 1,9 (+0,1 к контролю), а с Новосилом, ВЭ – 2,0 (+0,2 к контролю) (рис. 2).

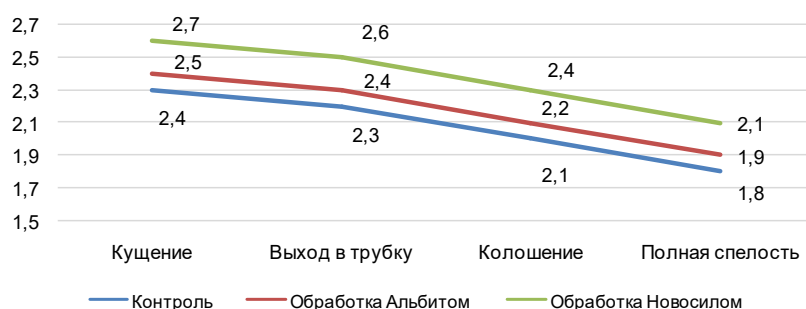


Рис. 2 – Влияние регуляторов роста на коэффициент кустистости  
Fig. 2 – The effect of growth regulators on the bushiness coefficient

В ходе проведения исследований и оценки влияния регуляторов роста на фазы развития растений ярового ячменя проводились фенологические наблюдения. Посев в 2022 году проводили 2 мая, а в 2023 году 5 мая. От посева до всходов прошло 11-14 дней. В этот период ячмень очень чувствителен к неблагоприятным факторам окружающей среды. Через 21-28 дней после всходов начался период выхода в трубку. Развитие колоса сопровождалось развитием остей из влагалища листьев. Началом этого периода считается колошение 10-15 % растений в посеве, завершением – колошение 70-75 % растений. В конце колошения ячмень полностью сформировал свои генеративные органы. Цветение ячменя совпало с началом появления колоса, у части растений на 2-3 дня позже. Период молочной спелости начался через 12-16 дней после цветения и длился около 12-14 дней. На стадии восковой спелости растения приобрели желтоватый цвет, а зерна – восковую консистенцию. Затем происходило созревание ячменя до полной спелости.

На протяжении проведенных исследований можно отметить динамику сокращения периода вегетации ярового ячменя при использовании регуляторов роста Альбита, ТПС, Новосила, ВЭ. Данная тенденция предопределяется влиянием исследуемых препаратов на ростовые процессы ярового ячменя в начальные фазы развития.

Исходя из вариантов опыта, установлено, что продолжительность периода вегетации на протяжении двух лет исследований колебалась от 87 до 92 дней. При этом стоит отметить, что Альбит, ТПС способствовал сокращению вегетации на пять дней, а Новосил, ВЭ на четыре дня в среднем за два года исследований.

К периоду уборки, в зависимости от варианта опыта, в среднем за два года исследований количество стеблей колебалось от 563 до 759 шт./м<sup>2</sup>. При обработке препаратом Альбит, ТПС количество стеблей было больше на 18,1 %, препаратом Новосил, ВЭ – на 34,8 %. Сохранность растений к уборке при обработке Альбит, ТПС была на 4,2%, а Новосил, ВЭ на 6,7% выше, чем в контроле (табл. 3).





Таблица 3 – Структура урожая и урожайность ярового ячменя в опыте, 2022-2023 гг.

| Вариант опыта | Количество стеблей, шт/м <sup>2</sup> | Количество растений, шт/м <sup>2</sup> | Сохранность растений к уборке, % | Количество зерен в колосе, г | Высота растений, см. | Длина колоса, см. |
|---------------|---------------------------------------|--|----------------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------|
| Контроль      | 563                                   | 312                                    | 72,2                             | 26,3                         | 54,4                 | 4,8               |
| Альбит, ТПС   | 665                                   | 356                                    | 76,4                             | 26,2                         | 54,8                 | 5,1               |
| Новосил, ВЭ   | 759                                   | 381                                    | 79,2                             | 26,4                         | 61,2                 | 5,3               |

Длина колоса у растений, обработанных регуляторами роста, была выше, чем в контроле на 0,3 см с препаратом Альбит, ТПС и на 0,5 см с препаратом Новосил, ВЭ. Регулятор роста Новосил, ВЭ за два года исследований способствовал большему показателю длины колоса – 5,3 см и высоте растений – 61,2 см, что на 0,5 см и 6,8 см больше чем в контроле соответственно. Растения, обработанные препаратом Альбит, ТПС, имели среднюю высоту 54,8 см (+0,4 см к контролю).

На показатель количество зерен в колосе регу-

ляторы роста влияния не оказали. Данный параметр соответствовал генетическим характеристикам сорта и имел не существенные отклонения по вариантам опыта.

За время исследований в 2022-2023 гг. урожайность ячменя была на среднем уровне для почвенных и климатических условий Рязанской области. В контроле она составила 28,9 ц/га, при обработке Альбитом, ТПС 33,1 ц/га (+14,5% к контролю), при обработке Новосилом, ВЭ – 35,7 ц/га (+23,5% к контролю) (рис. 3).

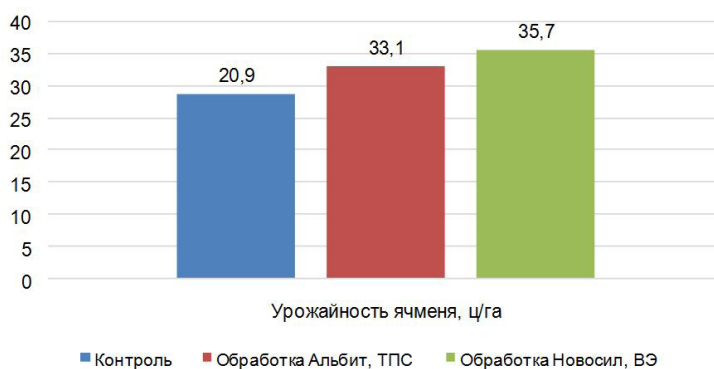


Рис. 3 – Урожайность ячменя в зависимости от вариантов опыта, ц/га

Fig. 3 – Barley yield depending on the experience options, c/ha

НСР<sub>05, ц/га</sub> : 2022 – 2,77, 2023 – 3,30.

Двухлетние исследования показали, что использование регуляторов роста (Альбит, ТПС, Новосил, ВЭ) в условиях Рязанской области не оказало существенного влияния на качественные показатели зерна ярового ячменя сорта Грейс.

По показателю массы 1000 зерен отклонения по вариантам опыта не превышали 0,9%, по показателю крупность – 3,5%, по показателю натура – 2,4%. (табл. 4).

Таблица 5 – Показатели качества ярового ячменя в зависимости от применения регуляторов роста, 2022-2023 гг.

| Вариант опыта | Масса 1000 зерен, г | % к контролю | Крупность, % | % к контролю | Натура, г/л | % к контролю |
|---------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| Контроль      | 41,7                | 100,0        | 59,7         | 100,0        | 590         | 100,0        |
| Альбит, ТПС   | 41,9                | 100,5        | 61,5         | 103,0        | 599         | 101,5        |
| Новосил, ВЭ   | 42,1                | 100,9        | 61,8         | 103,5        | 604         | 102,4        |

Таким образом, исследования показали, что предпосевная обработка семян ячменя регуляторами роста растений Альбит, ТПС в дозе 100 мл/1 т и Новосил, ВЭ в дозе 100 мл/1 т способствовали росту урожайности культуры, что объясняется их высокой биологической активностью относительно иммунитета растений и стимуляции развития

вегетативных и генеративных органов растений. Предпосевное использование препарата Новосил, ВЭ в дозе 100 мл/1т оказалось более эффективным.

#### Заключение

При изучении влияния регуляторов роста на рост и развитие растений ярового ячменя сорта



Грейс в условиях Рязанской области за вегетационные периоды 2022-2023 гг. выявлено, что предпосевная обработка семян ячменя препаратами Альбит, ТПС и Новосил, ВЭ повысила всхожесть зерна на 2 % и 4 %: относительно контроля, увеличила энергию прорастания на 8 % при обработке Альбитом, ТПС и на 7 % при обработке Новосилом, ВЭ; повысила полевую всхожесть препаратом Новосил, ВЭ на 8%; Альбит, ТПС оказал меньшее влияние на всхожесть как в полевых условиях, так и в лабораторных исследованиях.

Предпосевная обработка семян препаратом Альбит, ТПС повысила количество всходов на 34 шт/м<sup>2</sup>, но большее превышение контроля было в варианте с препаратом Новосил, ВЭ – 49 шт/м<sup>2</sup>.

Перед уборкой продуктивная кустистость в опыте с препаратом Альбит, ТПС составила 1,9 (+0,1 к контролю), в опыте с препаратом Новосил, ВЭ кустистость составила 2,0 (+0,2 к контролю). Регуляторы роста способствовали сокращению вегетационного периода ячменя: в опытах с препаратом Альбит, ТПС и препаратом Новосил, ВЭ – продолжительность вегетации сократилась на 5 и 4 дня соответственно.

Длина колоса у растений, обработанных регуляторами роста, была больше, чем в контроле, на 0,3-0,5 см.

Урожайность в среднем за два года исследований в контроле составила 28,9 ц/га, при обработке Альбитом, ТПС 33,1 ц/га (+14,5% к контролю), при обработке Новосилом, ВЭ – 35,7 ц/га (+23,5% к контролю).

Обработка семян ячменя регуляторами роста существенного влияния на качественные показатели зерна ячменя сорта Грейс не оказала – натура зерна увеличилась на 0,5-0,9 %, крупность зерна на 3,0-3,5%, масса 1000 зерен на 0,5-0,9% в зависимости от варианта опыта относительно контроля.

Таким образом, для улучшения посевных качеств семян, а также повышения урожайности ячменя и получения экологически чистых продуктов питания в условиях Рязанской области можно рекомендовать проводить предпосевную обработку семян препаратом Новосил, ВЭ в дозе 100 мл/т.

#### Список источников

1. Фитосанитарное состояние посевов зерновых культур в условиях Рязанской области / Д. В. Виноградов, А. А. Соколов, Е.И. Лупова [и др.] // Международный технико-экономический журнал. – 2016. – № 5. – С. 57-63.
2. Соколов, А. А. Влияние предпосевной обработки семян ячменя биопрепаратами на продуктивность растений / А. А. Соколов, Д. В. Виноградов, М. М. Крючков // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 5. – С. 93-99.
3. Эффективность предпосевной обработки семян ячменя градиентным магнитным полем и биологическим препаратом "Гуми 80" / А.А. Соколов, В.И. Левин, М.М. Крючков, Д.В. Виноградов // Международный научный журнал. – 2015. – № 5. – С. 98-104.
4. Ушаков, Р.Н. Физико-химический блок плодородия агросерой почвы / Р.Н. Ушаков, Д.В. Виноградов, Н.А. Головина // Агротехнический вестник. – 2013. – № 5. – С. 12-13.
5. Соколов, А.А. Продуктивность ячменя при использовании различной предпосевной обработки семян / А.А. Соколов, Д.В. Виноградов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 1(29). – С. 47-50.
6. К вопросу о плодородии серой лесной (агросерой) почвы / Р.Н. Ушаков, Д.В. Виноградов, А.В. Ручкина, Е.И. Лупова [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2020. – № 3(41). – С. 3.
7. Влияние минеральных удобрений и биологически активных веществ на урожайность яровой пшеницы / П.А. Чекмарев, С.В. Обущенко, В.Б. Троц, Н.М. Троц // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 8. – С. 28-31.
8. Троц, Н.М. Оценка эффективности фосфогипса в агроценозах ячменя / Н.М. Троц, Н.В. Боровкова, А.А. Соловьев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 3-11.
9. Влияние баковых смесей гербицидов на фитосанитарное состояние посевов и продуктивность ячменя сорта Ача / А. В. Бобровский, Н. С. Козулина, А. В. Василенко, А. А. Крючков // Земледелие. – 2022. – № 1. – С. 44-48.
10. Васин, В. Г. Фотосинтетическая деятельность и урожайность сортов ячменя при применении удобрений и стимуляторов роста / В. Г. Васин, Е. В. Карлов, А.В. Васин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 3. – С. 15-19.
11. Продуктивность полевых культур при применении регуляторов роста в зоне Среднего Поволжья / В. Г. Васин, А. В. Васин, Н. В. Васина, А. А. Адамов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3. – С. 3-8.
12. Перцева, Е. В. Влияние предпосевной обработки семян на продуктивность яровой пшеницы / Е. В. Перцева, В. Г. Васин, Г. А. Бурлака // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3(47). – С. 78-86.
13. Бурунов, А. Н. Продуктивность яровой пшеницы и ячменя при применении удобрений и стимуляторов роста / А. Н. Бурунов, В. Г. Васин, А. В. Новиков // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(49). – С. 20-25.
14. Ведров, Н.Г. Сравнительная оценка сортов яровой пшеницы западносибирской и восточносибирской селекции / Н.Г. Ведров, А.Н. Халипский // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 7(34). – С. 95-102.
15. Совершенствование систем защиты ячменя на разных фонах удобрений / П.М. Политько, Л.А. Тербенцева, В.Н. Капранов, Н.Ю. Гармаш [и др.] // Защита и карантин растений. – 2022. – № 4. – С. 19-21.



16. Гармаш, Г. А. Технология регулируемого питания растений / Г. А. Гармаш, С. Я. Печенева, Н. Ю. Гармаш // *Агрехимический вестник*. – 2006. – № 4. – С. 21-23.

17. Соколов, А.А. Роль защитных мероприятий и мониторинг в агроценозах озимых зерновых культур в борьбе со злаковыми мухами / А. А. Соколов, Д.В. Виноградов, Е.М. Дедова // *Вестник*

Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 68-76.

18. Щур, А. В. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В.П. Валько // *Вестник КрасГАУ*. – 2015. – № 7(106). – С. 45-49.

**Вклад авторов:**

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**References**

1. *Fitosanitarnoe sostoyanie posevov zernovykh kul'tur v usloviyakh Ryazanskoj oblasti / D. V. Vinogradov, A. A. Sokolov, E.I. Lupova [i dr.] // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. – 2016. – № 5. – S. 57-63.*

2. *Sokolov, A. A. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan yachmenya biopreparatami na produktivnost' rastenij / A. A. Sokolov, D. V. Vinogradov, M. M. Kryuchkov // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. – 2015. – № 5. – S. 93-99.*

3. *Effektivnost' predposevnoj obrabotki semyan yachmenya gradientnym magnitnym polem i biologicheskim preparatom "Gumi 80" / A.A. Sokolov, V.I. Levin, M.M. Kryuchkov, D.V. Vinogradov // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal. – 2015. – № 5. – S. 98-104.*

4. *Ushakov, R.N. Fiziko-himicheskij blok plodorodiyi agroseroj pochvy / R.N. Ushakov, D.V. Vinogradov, N.A. Golovina // Agrohimicheskij vestnik. – 2013. – № 5. – S. 12-13.*

5. *Sokolov, A.A. Produktivnost' yarovogo yachmenya pri ispol'zovanii razlichnoj predposevnoj obrabotki semyan / A.A. Sokolov, D.V. Vinogradov // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2016. – № 1(29). – S. 47-50.*

6. *K voprosu o plodorodii seroj lesnoj (agroseroj) pochvy / R.N. Ushakov, D.V. Vinogradov, A.V. Ruchkina, E.I. Lupova [i dr.] // AgroEkolInfo. – 2020. – № 3(41). – S. 3.*

7. *Vliyanie mineral'nyh udobrenij i biologicheski aktivnyh veshchestv na urozhajnost' yarovoj pshenicy / P.A. Chekmarev, S.V. Obushchenko, V.B. Troc, N.M. Troc // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2018. – T. 32, № 8. – S. 28-31.*

8. *Troc, N.M. Ocenka effektivnosti fosfogipsa v agroceozah yarovogo yachmenya / N.M. Troc, N.V. Borovkova, A.A. Solov'ev // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2022. – № 1. – S. 3-11.*

9. *Vliyanie bakovyh smesej gerbicidov na fitosanitarnoe sostoyanie posevov i produktivnost' yachmenya sorta Acha / A. V. Bobrovskij, N. S. Kozulina, A. V. Vasilenko, A. A. Kryuchkov // Zemledelie. – 2022. – № 1. – S. 44-48.*

10. *Vasin, V. G. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i urozhajnost' sortov yachmenya pri primenenii udobrenij i stimulyatorov rosta / V. G. Vasin, E. V. Karlov, A.V. Vasin // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2016. – № 3. – S. 15-19.*

11. *Produktivnost' polevykh kul'tur pri primenenii regulyatorov rosta v zone Srednego Zavolzh'ya / V. G. Vasin, A. V. Vasin, N. V. Vasina, A. A. Adamov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 3. – S. 3-8.*

12. *Perceva, E. V. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan na produktivnost' yarovoj pshenicy / E. V. Perceva, V. G. Vasin, G. A. Burlaka // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2019. – № 3(47). – S. 78-86.*

13. *Burunov, A. N. Produktivnost' yarovoj pshenicy i yachmenya pri primenenii udobrenij i stimulyatorov rosta / A. N. Burunov, V. G. Vasin, A. V. Novikov // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2020. – № 1(49). – S. 20-25.*

14. *Vedrov, N.G. Sravnitel'naya ocenka sortov yarovoj pshenicy zapadnosibirskoj i vostochnosibirskoj selekcii / N.G. Vedrov, A.N. Halipskij // Vestnik KrasGAU. – 2009. – № 7(34). – S. 95-102.*

15. *Sovershenstvovanie sistem zashchity yarovogo yachmenya na raznyh fonah udobrenij / P.M. Polityko, L.A. Terebenceva, V.N. Kapranov, N.Yu. Garmash [i dr.] // Zashchita i karantin rastenij. – 2022. – № 4. – S. 19-21.*

16. *Garmash, G. A. Tekhnologiya reguliruемого pitaniya rastenij / G. A. Garmash, S. Ya. Pecheneva, N. Yu. Garmash // Agrohimicheskij vestnik. – 2006. – № 4. – S. 21-23.*

17. *Sokolov, A.A. Rol' zashchitnykh meropriyatij i monitoring v agroceozah ozimyh zernovykh kul'tur v bor'be so zlakovymi muhami / A. A. Sokolov, D.V. Vinogradov, E.M. Dedova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2023. – T. 15, № 4. – S. 68-76.*

18. *Shchur, A. V. Cellyulozoliticheskaya aktivnost' pochv pri razlichnyh urovnnyah agrotekhnicheskogo vozdejstviya / A.V. Shchur, D.V. Vinogradov, V.P. Val'ko // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 7(106). – S. 45-49.*



*Contribution of the authors:*

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

**Информация об авторах**

**Лупова Екатерина Ивановна**, д-р с.-х. наук, профессор кафедры агрономии, агрохимии и защиты растений, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [katya.lilu@mail.ru](mailto:katya.lilu@mail.ru)

**Вертелецкий Алексей Игоревич**, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [alexverteletski@mail.ru](mailto:alexverteletski@mail.ru)

**Author information**

**Lupova Ekaterina I.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Agrochemistry and Plant Protection, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [katya.lilu@mail.ru](mailto:katya.lilu@mail.ru)

**Verteletsky Alexey I.**, PhD student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [alexverteletski@mail.ru](mailto:alexverteletski@mail.ru)

*Статья поступила в редакцию 09.01.2024; одобрена после рецензирования 04.03.2024; принята к публикации 11.03.2024*

*The article was submitted 09.01.2024; approved after reviewing 04.03.2024; accepted for publication 11.03.2024*







СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья УДК  
636.2.034:631.17  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.83.84.008

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПИТАННОСТИ КОРОВ КАК ИНСТРУМЕНТ  
ПОДДЕРЖАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ЗДОРОВЬЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ**

**Рифат Зайнидинович Садиков<sup>1</sup>✉, Нина Ивановна Морозова<sup>2</sup>,  
Рустам Ринатович Садиков<sup>3</sup>, Игорь Александрович Морозов<sup>4</sup>, Фаррух Атауллахович Мусаев<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>1</sup> rifat.sadikov@delaval.com

<sup>2</sup> n.morozova53@yandex.ru

<sup>3</sup> rustam.sadikov.97.@mail.ru

<sup>4</sup> igor.mor@rgatu.ru

<sup>5</sup> musaev@rgatu.ru

**Аннотация.** Система автоматического определения упитанности коров является важным инструментом, который помогает фермерам и ветеринарам поддерживать оптимальное физиологическое состояние здоровья и продуктивности животных, а также оптимизировать питание и управление стадом.

**Методология.** Научно-хозяйственный опыт проводили на роботизированном комплексе в ООО «Вакинское Агро». В качестве объекта были коровы дойного стада голштинской породы и камера системы определения упитанности DeLaval BSC. Коров разделили по периодам лактации: от 0 до 100 дней; от 101 и до 200 дней; от 301 и более дней. Отдельно выделили коров, находящихся в сухостойном периоде. Животные при выходе из системы добровольного доения поочередно проходили через автоматическую камеру упитанности DeLaval BCS. Камера сверху сканировала туловище коров. Результаты исследований по каждой корове, группе и стаду фиксировались и передавались в программу управления стадом DelPro.

**Результаты.** В результате экспериментальных исследований проведена автоматическая и визуальная оценка упитанности 68 коров на разных фазах лактации и сухостойного периода. По изменению упитанности коров и надоя проведено выявление субклинического кетоза.

В результате сравнения автоматической и визуальной оценки упитанности были выявлены незначительные отклонения в балльной оценке коров в контрольной группе и в опытной группе. В период отела коров и до 100 дней лактации балльная оценка находилась в пределах нормы и составила 3,23 балла при норме 3,5-4,0. В середине лактации от 201 дня и до 300 дня – 3,15-3,42 балла при норме 3,0-3,25 балла. В сухостойный период упитанность оценивалась в 3,57 балла при норме 3,5-4,0 балла. При помощи камеры упитанности DeLaval BCS провели выявление субклинического кетоза. Наибольший процент коров, выявленных с кетозом, находился в диапазоне от 11-го до 20-го дня лактации. Потеря молочной продуктивности составила до 15% в сравнении с предыдущими днями.

**Заключение.** В ходе исследования было установлено, что регулярная автоматическая оценка и оптимизация упитанности скота помогает сельскохозяйственным предприятиям проводить своевременную оценку, и необходимую и правильную коррекцию упитанности коров за счет рационального кормления, повышать молочную продуктивность и сокращать случаи заболевания коров болезнями обмена веществ и кетозом.

**Ключевые слова:** упитанность коров, шкала упитанности, автоматизированная система определения упитанности, камера DeLaval BCS, балл упитанности коров, молочная продуктивность, кетоз.

**Для цитирования:** Садиков Р.З., Морозова Н.И., Садиков Р.Р., Морозов И.А., Мусаев Ф.А. Система автоматического определения упитанности коров как инструмент поддержания оптимального физиологического состояния и здоровья коров // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, г. Рязань. 2024, Т. 16. № 1. С.54-61 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.83.84.008>



Original article

## THE SYSTEM OF AUTOMATIC DETERMINATION OF FATNESS OF COWS AS A TOOL FOR MAINTAINING OPTIMAL PHYSIOLOGICAL HEALTH AND PRODUCTIVITY

Rifat Z. Sadikov<sup>1</sup>✉, Nina I. Morozova<sup>2</sup>, Rustam R. Sadikov<sup>3</sup>, Igor A. Morozov<sup>4</sup>, Farrukh A. Musaev<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>1</sup> rifat.sadikov@delaval.com

<sup>2</sup> n.morozova53@yandex.ru

<sup>3</sup> rustam.sadikov.97.@mail.ru

<sup>4</sup> igor.mor@rgatu.ru

<sup>5</sup> musaev@rgatu.ru

**Annotation.** The automatic cow fatness detection system is an important tool that helps farmers and veterinarians maintain optimal physiological health and productivity of animals, as well as optimize nutrition and herd management.

**Problem and purpose.** The aim of the study was to determine the fatness of cows using the automatic DeLaval BCS system, its relationship with the physiological processes of cows and an operational assessment of the condition of the herd.

**Methodology.** The scientific and economic experiment was carried out on a robotic complex in LLC "Vakinskoe Agro". The object was the cows of the Holstein dairy herd and the camera of the DeLaval BCS fatness detection system. Cows were divided by lactation periods: from 0 to 100 days; from 101 to 200 days; from 301 and more days. Cows that are in the dry period were singled out separately. Upon exiting the voluntary milking system, the animals alternately passed through the automatic fatness chamber of the DeLaval BCS. The camera from above scanned the cows' torso. The research results for each cow, group and herd were recorded and transmitted to the DelPro herd management program.

**Results.** As a result of experimental studies, an automatic and visual assessment of the fatness of 68 cows at different phases of lactation and the dry period was carried out. By changing the fatness of cows and milk yield, subclinical ketosis was detected. As a result of comparing the automatic and visual assessment of fatness, minor deviations in the score of cows in the control group and in the experimental group were revealed. During the calving period of cows and up to 100 days of lactation, the score was within the normal range and amounted to 3.23 points with a norm of 3.5 -4.0. In the middle of lactation from 201 days to 300 days – 3.15-3.42 points with a norm of 3.0-3.25 points. During the dry period, fatness was estimated at 3.57 points with a norm of 3.5-4.0 points. With the help of the DeLaval BCS fatness camera, subclinical ketosis was detected. The largest percentage of cows identified with ketosis ranged from the 11th to the 20th day of lactation. The loss of milk productivity was up to 15% compared to the previous days.

**Conclusion.** During the study, it was found that regular automatic assessment and optimization of fatness of livestock helps agricultural enterprises to carry out timely assessment, and necessary and correct correction of fatness of cows through rational feeding, increase milk productivity and reduce cases of cows with metabolic diseases and ketosis.

**Key words:** fatness of cows, fatness scale, automated fatness detection system, DeLaval BCS camera, fatness score of cows, milk productivity, ketosis.

**For citation:** Sadikov R.Z., Morozova N.I., Sadikov R.R., Morozov I.A., Musaev F.A. The system of automatic determination of fatness of cows is a tool for maintaining optimal physiological health and productivity // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No.1, P. 54-61 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.83.84.008>

### Введение

В современном молочном скотоводстве идет постоянный поиск и внедрение инновационных автоматизированных систем, направленных на увеличение молочной продуктивности и повышение объемов производства молока высшего сорта. В последние годы производство молока осуществляется в условиях комфортного круглогодичного стойлового содержания, коров доят роботы, управляют фермами и рационы кормления составляют информационные программы. [1-5]

Интеграция моделирования на основе параллельной гибридизации моделей в программном

комплексе управления стада DelPro Farm Manager 5.11 позволяет создать модель животного с помощью системы автоматического определения упитанности BCS, и это имеет первостепенное значение для достижения устойчивого животноводческого производства.

Автоматическое определение балла упитанности освобождает время и устраняет необходимость в ручном определении баллов и это время может использоваться для выполнения других важных задач на ферме. [15]

Система самостоятельно предоставляет систематические, ежедневные данные о состоянии



стада. Это ценная информация, с помощью которой можно в значительной степени улучшить здоровье коров, а также повысить эффективность управления фермой и ее прибыльность.[9]

Балльная оценка упитанности дает представление об энергетическом статусе молочного скота и дает объективное представление о толщине подкожного жира на отдельных участках скелета коров молочного направления продуктивности. Оценка упитанности проводится по пятибалльной системе. 1 балл упитанности присваивается за 45–63 кг прироста массы тела. Коровы голштинской породы имеют крупный костяк, поэтому им требуется увеличение массы на 1 балл.

Определение упитанности на современном этапе является важной составляющей управления предприятий производящих молоко. Балльная оценка показывает постепенное изменение упитанности в период лактации.

Существуют диапазоны идеальной оценки упитанности. В сухостойный период и в период отела коров балльная оценка составляет - 3,5-4,0; через 1 месяц после отела – 2,5-3,0; в середине лактации – 3,0; завершение лактации – 3,25-3,75.

Перед сухостоем корова должна иметь упитанность 3,5-4,0 балла и также после отела, то есть у коров должен быть хороший жировой запас для предстоящей лактации. Однако, лишний жир может приводить к нарушению обмена веществ (кетозы), вызывать проблемы при отелах в виде задержки последа. Тощие животные имеют проблемы обмена веществ, низкой продуктивности и оплодотворяемости.

В связи с актуальностью вопроса была установлена взаимосвязь балльной оценки упитанности с физиологическими процессами в организме коров. Был разработан алгоритм оценки физиологической упитанности дойных коров по параметрам туловища: маклоков, крестца и голодной ямки.

С применением нейросетевых алгоритмов разработана модель, способная вычислять параметры формы тела. Результаты исследований подтвердились ультразвуковыми и тепловизионными измерениями толщины слоя жира и мышц, а также визуальной оценкой упитанности 186 коров голштинской породы.

Тепловизионная камера устраняет некоторые недостатки обычной камеры; маклоки и нижняя часть хвоста тощей коровы расходились с параболической формой. Корреляция между измерениями тепловизионной камеры и толщиной жира и мышц составила 0,47. Средняя оценка упитанности коров составляла 2,18 - 2,23 балла

Шкала упитанности – это методика оценки запасов энергии крупного рогатого скота путем оценки их упитанности или худобы по 5-балльной шкале.[9]

Оценка упитанности используется в качестве инструмента управления кормлением. У высокопродуктивных молочных коров пик суточного потребления корма обычно приходится на пик

надоя, когда наблюдается отрицательный энергетический баланс. [8, 11]

Упитанность дойных коров оказывает влияние на здоровье, репродуктивные показатели, продолжительность лактации и молочную продуктивность. Однако, визуальная оценка состояния тела животных может быть неправильной, нефункциональной и нединамичной.[12, 18]

Визуальная оценка BCS требует дополнительные затраты времени на крупных фермах и наличие обученного персонала. В связи с этим, разработка и применение автоматического объективного контроля BCS является экономически выгодным.

Многие зарубежные ученые делали попытки автоматизировать определение упитанности коров с помощью цифровой видеокамеры с конца прошлого века. Mizrachetal., 1999 измерял толщину подкожного жира у молочных коров путем оцифровки поперечных сечений ультразвукового сканирования. Из двух точек, выбранных для измерения, одна находилась на плоской поверхности части крестца между лобной костью и копчиком, а другая - между 12-м и 13-м ребрами, ниже крестца. [13]

На первоначальном этапе удалось воспроизвести цифровые изображения задней части экстерьера коров и использовать программное обеспечение для редактирования изображений, а затем с помощью цифровой камеры, расположенной над станцией взвешивания, определили 23 точки, соответствующие идентифицируемым анатомическим особенностям, потенциально влияющим на BCS. [6, 7, 10, 14 ]

Williams, 2002, Polák, 2006 [13, 20] в своих трудах предложили использовать ультразвук, как неинвазивный метод оценки прироста жира и мышц.

Sharony, 2003 и KerenandOlson, 2007, использовали тепловидение для оценки энергетических потребностей скота [19,13] запатентовал применение цифровой камеры для BCS. Это была не тепловизионная камера, и они использовали другой алгоритм. [19,13]

Правильное и точное определение упитанности с камерой DeLaval BCS устраняет ошибки визуальной оценки, помогает точнее составлять рационы кормления, улучшает здоровье коров, повышает продуктивное долголетие и снижает затраты труда.

#### **Материал и методы исследования**

Экспериментальные исследования проводили в ООО «Вакинское Агро» по оценке упитанности 68 голов коров голштинской породы с разным физиологическим статусом. Коров разделили по периодам лактации: от 0 до 100 дней; от 101 и до 200 дней; от 301 и более дней. Отдельно выделили коров, находящихся в сухостойном периоде. Животные при выходе из системы добровольного доения поочередно проходили через автоматическую камеру упитанности DeLaval BCS. Камера сверху сканировала туловище коров.(рис. 1, 2).

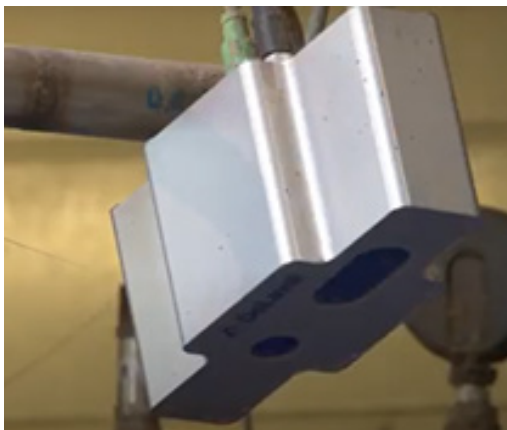


Рис. 1– Камера BCS  
Fig. 1 - BCS Camera

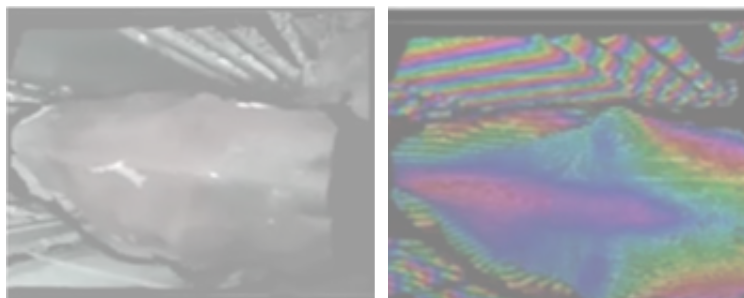


Рис. 2 – Слева – актуальный вид состояния задней части экстерьера коровы: маклоков, крестца и голодной ямки; справа – объемное представление точек для расчета оценки упитанности, в баллах  
Fig. 2 – On the left - an up-to-date view of the condition of the rear part of the exterior of the cow: the macula, sacrum and hungry fossa; On the right - a three-dimensional representation of points for calculating the assessment of fatness, in points

Показатели упитанности фиксировались и передавались в программу управления стадом DelPro. Программное обеспечение считывало номер животных и определяло балл упитанности, показывало динамику упитанности. Для сравнения проводилась визуальная оценка упитанности этих же животных.

Автоматическая система DeLavalBCS проводила определение упитанности по пятибалльной системе, в баллах. BCS – означает индексы кондиции тела.

В информации о животных, прошедших через камеру, визуально можно проследить взаимосвязь между балльной оценкой упитанности (по пятибалльной шкале), средним надоем за 7 дней,

суточным потреблением концентратов, сравнить фактический балл упитанности с целевым баллом и другими событиями. Данный инструмент позволяет следить за идеальной кривой состояния балла упитанности и их фактическими изменениями на протяжении всей лактации и сухостойного периода.

Динамика баллов упитанности у животных может использоваться в качестве теста для определения идеального состояния при осеменении и отеле. Оптимальное состояние упитанности коров на протяжении всего периода стельности уменьшает проблемы с отелом и после отела, обеспечивает оптимальное развитие плода (рис. 3).

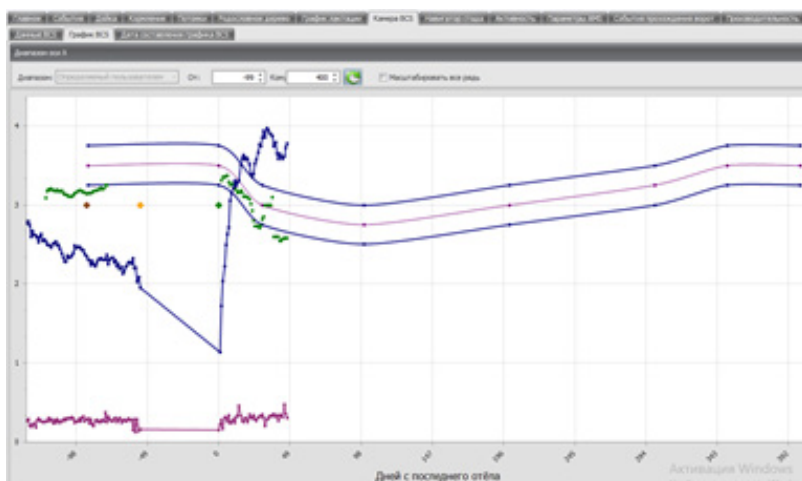


Рис. 3 – График BCS в программном комплексе управления стадом DelProFarmManager 5.11  
Fig. 3 – BCS graph in the DelPro Farm Manager 5.11 herd management software package

Программный комплекс управления стадом DelProFarmManager 5.11, оснащенный камерой BCS, позволяет проследить динамику изменения балла упитанности в течении всей жизни по каждому животному. Он дает возможность сопоставить информацию дня последнего отела с днями стельности и среднесуточным надоем за последние 7 дней. Любое отклонение упитанности от нормы должны оценивать зооветеринарные спе-

циалисты. Регулярное автоматическое обновление данных о балле упитанности позволяет держать животных в нужной форме перед отелом и осеменением (рис. 4).

В электронной карточке каждого животного, находящегося в программе управления стадом DelPro, в графическом виде можно наблюдать взаимосвязь между молочной продуктивностью, потреблением концентрированных кормов и упи-





танностью. Можно выбрать любой промежуток времени для построения графиков, привязать их к тому или иному событию для детального анализа

какой-либо ситуации и для планирования на перспективу (рис. 5).

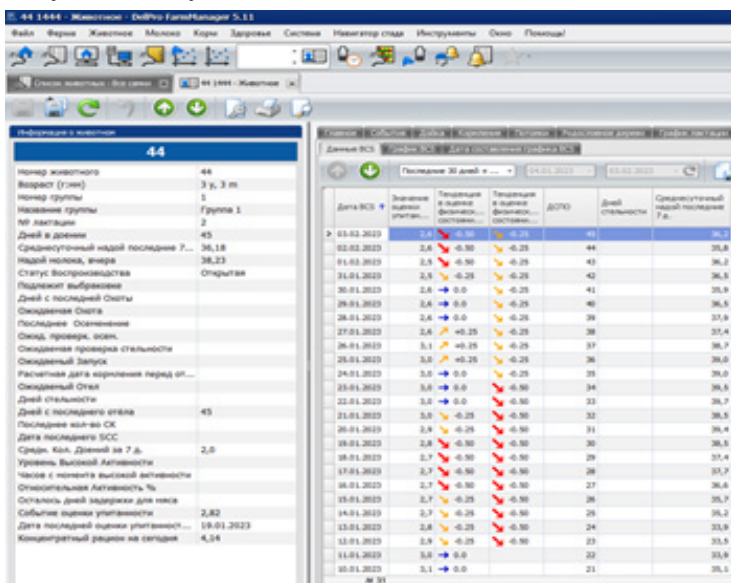


Рис. 4 – Значение автоматической оценки упитанности в баллах и тенденция изменения в карточке коровы в программном комплексе управления стадом DelProFarmManager 5.11

Fig. 4. The value of automatic fatness assessment in points and the trend of change in the cow card in the DelPro Farm Manager 5.11 herd management software package

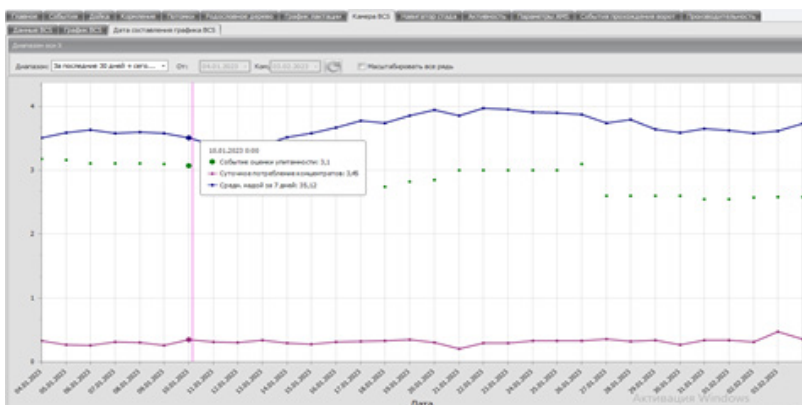


Рис. 5 – Динамика надоя, потребления концентрированных кормов и оценка упитанности коровы в карточке коровы в программном комплексе управления стадом DelPro Farm Manager 5.11

Fig. 5 – Dynamics of milk yield, consumption of concentrated feed and assessment of fatness of the cow in the cow card in the DelPro Farm Manager herd management software package 5.11

Для корректировки рационов или проведения любых других оперативных зооветеринарных задач в графике разброса по камере упитанности анализируем физиологическое состояние животного (или группу животных) на соответствие его дня в доении с баллом упитанности.

Опираясь на данные, можно ежедневно проводить корректировку рационов всех физиологических групп коров и поддерживать животных в оптимальной кондиции, что позволит увеличить их продуктивное долголетие и профилактику заболеваний (рис. 6).

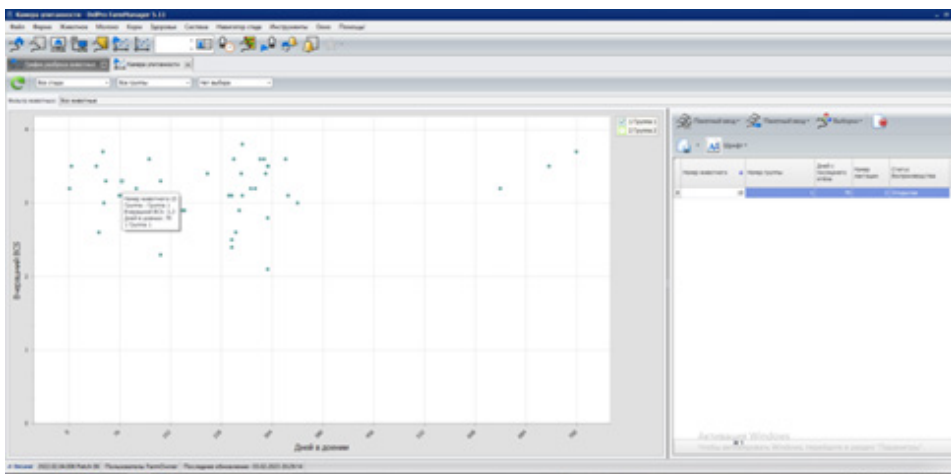


Рис. 6 – График разброса по камере упитанности в программном комплексе управления стадом DelProFarmManager 5.11

Fig. 6. Graph of the fatness distribution in the DelPro Farm Manager 5.11 herd management software package



В программе управления стадом DeLPro существуют ряд предустановленных отчетов по автоматической камере упитанности, в которых в реальном времени можно посмотреть состояние стада. Под любые задачи на ферме можно создать любой отчет.

#### Результаты исследований

Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 1. На основании анализа полученных данных, мы установили, что между визуальной оценкой упитанности коров в контрольной группе и автоматической системой определения

упитанности в опытной группе коров имеют место незначительные отклонения в упитанности. Однако, эти отклонения незначительны и находились в пределах 0,05 – 0,12 балла или 0,6 – 3,0%.

Упитанность коров находилась в пределах рекомендуемой нормы. В период отела коров и до 100 дней лактации балльная оценка находилась в пределах нормы и составила 3,23 балла при норме 3,5 – 4,0. В середине лактации от 201 дня и до 300 дня – 3,15–3,42 балла при норме 3,0–3,25 балла. В сухостойный период упитанность оценивалась в 3,57 балла при норме 3,5–4,0 балла.

Таблица 1 – Автоматическая и визуальная оценка упитанности коров на разных фазах лактации и сухостойного периода (n=68)

| Количество дней лактации/ сухостойный период | Количество животных, n | Балл упитанности BCS (по пятибалльной шкале) |  | Опытная группа, ± к контрольной |      |
|--|------------------------|--|--|---------------------------------|------|
|  |                        | Визуальная оценка (контрольная группа)       | Автоматическая камера (опытная группа) | (±)                             | %    |
| от 0 до 100                                  | 11                     | 3,18±0,068<br>σ=0,226                        | 3,23±0,082<br>σ=0,273                  | +0,05                           | +1,6 |
| от 101 до 200                                | 11                     | 2,98±0,098<br>σ=0,325                        | 3,07±0,104*<br>σ=0,344                 | +0,09                           | +3,0 |
| от 201 до 300                                | 23                     | 3,17±0,091<br>σ=0,436                        | 3,15±0,089<br>σ=0,428                  | -0,02                           | -0,6 |
| от 301 и более                               | 6                      | 3,54±0,136<br>σ=0,332                        | 3,42±0,101<br>σ=0,248                  | -0,12                           | -3,4 |
| Сухостойный период                           | 17                     | 3,68±0,070<br>σ=0,290                        | 3,57±0,074<br>σ=0,306                  | -0,11                           | -3,0 |

\* - балл упитанности BCS в опытной группе при  $P \geq 0,95$

При помощи камеры упитанности DeLaval BCS было проведено выявление субклинического кетоза. В таблице 2 показано, что наибольший процент коров, выявленных с кетозом, находилось в диа-

пазоне от 11 до 20 дня лактации. Потеря молочной продуктивности составила до 15% в сравнении с предыдущими днями.

Таблица 2 – Выявление субклинического кетоза с помощью автоматической камеры упитанности DeLavalBCS

| Количество дней послеродового периода | Коров с субклиническим кетозом от отелившихся, % | Изменение упитанности за последние 5 дней, баллов (+, -) | Изменение надоя за последние 5 дней, % |
|---------------------------------------|--|--|--|
| от 0 до 10                            | 6,3  | - 0,52   | -10                                    |
| от 11 до 20                           | 9,0  | - 0,31   | -15                                    |
| от 21 до 30                           | 7,2  | - 0,43   | -8                                     |
| от 31 до 40                           | 5,5  | - 0,33   | -11                                    |
| от 41 до 50                           | 4,1  | - 0,26   | -5                                     |
| от 51 до 60                           | 2,4  | - 0,28   | -4                                     |

Кетоз возникает у высокопродуктивных коров при накоплении кетоновых тел, он сопровождается поражением органов эндокринной системы, снижением продуктивности и воспроизводительной функции. Максимальный риск заболеть кетозом у коров возникает от отела и до 60 дня

лактации, то есть в ранний период лактации. Для ранней диагностики кетоза необходимо ежедневно анализировать динамику баллов упитанности в программном комплексе управления стадом DeLPro.



### Выводы и предложения

1. В ООО «Вакинское Агро» провели экспериментальные исследования по автоматической и визуальной оценке упитанности 68 коров на разных фазах лактации и сухостойного периода.

2. В результате сравнения автоматической и визуальной оценки упитанности были выявлены незначительные отклонения в балльной оценке коров в контрольной группе и в опытной группе, однако, они не существенны и находились в пределах 0,6-3%

3. В период отела коров и до 100 дней лактации балльная оценка находилась в пределах нормы и составила 3,23 балла при норме 3,5-4,0. В середине лактации от 201 дня и до 300 дня – 3,15-3,42 балла при норме 3,0-3,25 балла. В сухостойный период упитанность оценивалась в 3,57 балла при норме 3,5-4,0 балла.

4. При помощи камеры упитанности DeLaval BCS провели выявление субклинического кетоза. Наибольший процент коров, выявленных с кетозом, находился в диапазоне от 11-го до 20-го дня лактации. Потеря молочной продуктивности составила до 15% в сравнении с предыдущими днями.

### Заключение

В ходе исследования было установлено, что регулярная автоматическая оценка и оптимизация упитанности скота помогает сельскохозяйственным предприятиям проводить своевременную оценку, и необходимую и правильную коррекцию упитанности коров за счет рационального кормления концентратами, повышать молочную продуктивность и сокращать случаи заболевания коров болезнями обмена веществ и кетозом.

### Список источников

1. Морозова, Н.И. Молочная продуктивность голштинских коров при круглогодичном стойловом содержании. [Текст]: монография. /Н.И. Морозова, Ф.А. Мусаев, Л.В. Иванова [и др.]. –Рязань: РГАТУ, 2013. -167 с.

2. Морозова, Н.И. Инновационные технологии в производстве молока.

[Текст]: монография / Н.Г. Бышова, Н. И. Морозова, Ф. А. Мусаев [и др.]. –Рязань: РГАТУ, 2013. -156 с.

3. Морозова, Н.И. Внедрение цифровой маркировки на молочном заводе. [Текст]. /Н.И. Морозова, Ю.Ю. Милинский. //Ветеринария сельскохозяйственных животных.- 2022. -№1. – С.42-45.

4. Мусаев, Ф.А. Технология производства молочных продуктов по стандартам России. [Текст]. Монография. /Мусаев, Фаррух Атауллахович. – Рязань. – РГАТУ. – 2009. – 326 с.

5. Соловьева, О.И. Применение инновационных информационных технологий в управлении качеством молока коров холмогорской породы [Текст] /О. И. Соловьева //Зоотехния. - 2011. - № 2. - С. 31-32.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### References

1. Morozova, N.I. *Molochnaya produktivnost' golshhtinskih korov pri kruglogodovom stojlovom soderzhanii*. [Tekst]: monografiya. /N.I. Morozova, F.A. Musaev, L.V. Ivanova [i. dr.]. –Ryazan': RGATU, 2013. -167 s.

2. Morozova, N.I. *Innovacionnye tekhnologii v proizvodstve moloka*.

[Tekst]: monografiya / N.G. Byshova, N. I. Morozova, F. A. Musaev [i. dr.]. –Ryazan': RGATU, 2013. -156 s.

3. Morozova, N.I. *Vnedrenie cifrovoj markirovki na molochnom zavode*. [Tekst]. /N.I. Morozova, Yu.Yu. Milinskij. // *Veterinariya sel'skhozajstvennyh zhivotnyh*.- 2022. -№1. – С.42-45.

4. Musaev, F.A. *Tekhnologiya proizvodstva molochnyh produktov po standartam Rossii*. [Tekst]. Monografiya. /Musaev,

6. Bewley, J. M., A. M. Peacock, O. Lewis, D. J. Roberts, M. P. Coffey, and M. M. Schutz. 2007. Estimation of body condition score in dairy cattle using digital images. 58th Annu. Meet. Eur. Assoc. Anim. Prod. (EAAP). [http://www.eaap.org/Dublin/Sessions/ession\\_21.htm](http://www.eaap.org/Dublin/Sessions/ession_21.htm) Accessed Sep. 30, 2007.

7. Coffey M.P., Mottram T.B., McFarlane N. A feasibility study on the automatic recording of condition score in dairy cows. in: Proc. Annu. Meet. Br. Assoc. Anim. Sci. March 2003 York. British Assoc. Anim. Sci, BSAS, Penicuik, Midlothian, UK2003: 131

8. Dechow C.D., Rogers G.W., Clay J.S. Heritability and correlations among body condition score loss, body condition score, production and reproductive performance. J. Dairy Sci. 2002; 85: 3062-3070.

9. Edmondson A.J., Lean L.J., Weaver L.D., Farver T., Webster G. A body condition scoring chart for Holstein cows. J. Dairy Sci. 1989; 72: 68-78

10. Ferguson J.D., Azzaro G., Licitra G. Body condition assessment using digital images. J. Dairy Sci. 2006; 89: 3833-3841

11. Gillund P., Reksen O., Grohn Y.T., Karlberg K. Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. J. Dairy Sci. 2001; 84: 1390-1396.

12. Heinrichs, A. J., and V. A. Ishler. 1989. Body condition scoring as a tool for dairy herd management. Extension Circular 363, College of Agriculture Cooperative Extension, University of Pennsylvania.

13. Keren E.N., Olson B.E. Applying thermal imaging software to cattle grazing winter range. J. Therm. Biol. 2007; 32: 204-211

14. Kriesel, M. S., and G. L. McQuilkin. 2005. Apparatus and methods for the volumetric and dimensional measurement of livestock. United States Patent Application 20050257748. Filing Date: 05/19/2005 (Saint Paul, MN). Publication date: 11/24/2005.

15. Luis O. Tedeschi, Paul L. Greenwood, and Ilan Halachmi Advancements in sensor technology and decision support intelligent tools to assist smart livestock farming. Journal of Animal Science, 2021, Vol. 99, No. 2, pp. 1–11

16. Mizrach A., Flitsanov U., Maltz E., Spahr S.L., Novakofski J.E., Murphy M.R. Ultrasonic assessment of body condition changes of the dairy cow during lactation. Trans. ASAE. 1999; 42: 805-812

17. Polák P. Evaluation of beef production by sonographic and photometric method. Slovak University of Agriculture, SCPV-RIAP, Nitra, Slovakia2006 (PhD thesis)

18. Schröder U.J., Staufenbiel R., Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. J. Dairy Sci. 2006; 89: 1-14

19. Sharony, D. 2003. Imaging system and method for body condition evaluation. EU Pat. No 1537531. Filing date: 07/27/2003 (Israel). Publication date: 06/08/2005.

20. Williams A.R. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. J. Anim. Sci. 2002; 80: 183-188.





Farruh Ataullovich. – Ryazan'. – RGATU. – 2009. – 326 s.

5. Solov'eva, O.I. *Primenenie innovacionnyh informacionnyh tekhnologij v upravlenii kachestvom moloka korov holmogorskoj porody* [Tekst] /O. I. Solov'eva //Zootekhnika. - 2011. - № 2. - S. 31-32.

6. Bewley, J. M., A. M. Peacock, O. Lewis, D. J. Roberts, M. P. Coffey, and M. M. Schutz. 2007. *Estimation of body condition score in dairy cattle using digital images*. 58th Annu. Meet. Eur. Assoc. Anim. Prod. (EAAP). [http://www.eaap.org/Dublin/Sessions/ession\\_21.htm](http://www.eaap.org/Dublin/Sessions/ession_21.htm) Accessed Sep. 30, 2007.

7. Coffey M.P., Mottram T.B., McFarlane N. *A feasibility study on the automatic recording of condition score in dairy cows*. in: Proc. Annu. Meet. Br. Assoc. Anim. Sci. March 2003 York. British Assoc. Anim. Sci, BSAS, Penicuik, Midlothian, UK2003: 131

8. Dechow C.D., Rogers G.W., Clay J.S. *Heritability and correlations among body condition score loss, body condition score, production and reproductive performance*. J. Dairy Sci. 2002; 85: 3062-3070.

9. Edmondson A.J., Lean L.J., Weaver L.D., Farver T., Webster G. *A body condition scoring chart for Holstein cows*. J. Dairy Sci. 1989; 72: 68-78

10. Ferguson J.D., Azzaro G., Licita G. *Body condition assessment using digital images*. J. Dairy Sci. 2006; 89: 3833-3841

11. Gillund P., Reksen O., Grohn Y.T., Karlberg K. *Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows*. J. Dairy Sci. 2001; 84: 1390-1396.

12. Heinrichs, A. J., and V. A. Ishler. 1989. *Body condition scoring as a tool for dairy herd management*. Extension Circular 363, College of Agriculture Cooperative Extension, University of Pennsylvania.

13. Keren E.N., Olson B.E. *Applying thermal imaging software to cattle grazing winter range*. J. Therm. Biol. 2007; 32: 204-211

14. Kriesel, M. S., and G. L. McQuilkin. 2005. *Apparatus and methods for the volumetric and dimensional measurement of livestock*. United States Patent Application 20050257748. Filing Date: 05/19/2005 (Saint Paul, MN). Publication date: 11/24/2005.

15. Luis O. Tedeschi, Paul L. Greenwood, and Ilan Halachmi *Advancements in sensor technology and decision support intelligent tools to assist smart livestock farming*. Journal of Animal Science, 2021, Vol. 99, No. 2, pp. 1-11

16. Mizrach A., Flitsanov U., Maltz E., Spahr S.L., Novakofski J.E., Murphy M.R. *Ultrasonic assessment of body condition changes of the dairy cow during lactation*. Trans. ASAE. 1999; 42: 805-812

17. Polák P. *Evaluation of beef production by sonographic and photometric method*. Slovak University of Agriculture, SCPV-RIAP, Nitra, Slovakia 2006 (PhD thesis)

18. Schröder U.J., Staufenbiel R., *Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness*. J. Dairy Sci. 2006; 89: 1-14

19. Sharony, D. 2003. *Imaging system and method for body condition evaluation*. EU Pat. No 1537531. Filing date: 07/27/2003 (Israel). Publication date: 06/08/2005.

20. Williams A.R. *Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management*. J. Anim. Sci. 2002; 80: 183-188.

*Contribution of the authors:*

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

#### Информация об авторах

**Садиков Рифат Зайнидинович**, канд. с.-х. наук, ИП Садиков Рифат Зайнидинович, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [rifat.sadikov@delaval.com](mailto:rifat.sadikov@delaval.com)

**Морозова Нина Ивановна**, д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии общественного питания и технологии переработки с.-х. продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [n.morozova53@yandex.ru](mailto:n.morozova53@yandex.ru)

**Садиков Рустам Ринатович**, аспирант кафедры «Технические системы в АПК», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [rustam.sadikov.97@mail.ru](mailto:rustam.sadikov.97@mail.ru)

**Морозов Игорь Александрович**, аспирант кафедры технологии общественного питания и технологии переработки с.-х. продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [igor.mor@rgatu.ru](mailto:igor.mor@rgatu.ru)

**Мусаев Фаррух Атауллахович**, д-р с.-х. наук, профессор кафедры общественного питания и технологии переработки с.-х. продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [musaev@rgatu.ru](mailto:musaev@rgatu.ru)

#### Author information

**Sadikov Rifat Z.**, Candidate of Agricultural Sciences, IP Sadikov Rifat Zainidinovich, Ryazan State Agro-technological University named after P.A. Kostychev, [rifat.sadikov@delaval.com](mailto:rifat.sadikov@delaval.com)

**Morozova Nina I.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Technology of Public Catering and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agro-technological University named after P.A. Kostychev, [n.morozova53@yandex.ru](mailto:n.morozova53@yandex.ru)

**Sadikov Rustam R.**, postgraduate student of the Department of "Technical Systems in Agriculture", Ryazan State Agro-technological University named after P.A. Kostychev, [rustam.sadikov.97@mail.ru](mailto:rustam.sadikov.97@mail.ru)

**Morozov Igor A.**, postgraduate student of the Department of Technology of Public Catering and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agro-technological University named after P.A. Kostychev, [igor.mor@rgatu.ru](mailto:igor.mor@rgatu.ru)

**Musaev Farrukh A.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Public Catering and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agro-technological University named after P.A. Kostychev, [musaev@rgatu.ru](mailto:musaev@rgatu.ru)

*Статья поступила в редакцию 20.12.2023; одобрена после рецензирования 01.03.2024; принята к публикации 11.03.2024.*

*The article was submitted 20.12.2023; approved after reviewing 01.03.2024; accepted for publication 11.03.2024.*





Вестник РГАТУ, 2024, т16, №1, с.62-70  
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №1, pp. 62-70

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 637.115/636.034  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.51.76.009

### ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ДОИЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

**Рустам Ринатович Садиков**<sup>1</sup>✉, **Игорь Александрович Морозов**<sup>2</sup>, **Рифат Зайнидинович Садиков**<sup>3</sup>, **Нина Ивановна Морозова**<sup>4</sup>, **Фаррух Атауллахович Мусаев**<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>1</sup> rustam.sadikov.97@mail.ru

<sup>2</sup> igor.mor@rgatu.ru

<sup>3</sup> rifat.sadikov@delaval.com

<sup>4</sup> n.morozova53@yandex.ru

<sup>5</sup> musaev@rgatu.ru

**Проблема и цель.** Целью исследования явилось изучение факторов, влияющих на производительность роботизированных доильных станций и разработка мероприятий по повышению их производительности и эффективности.

**Методология.** Научно-хозяйственный опыт проводили на роботизированном комплексе в ООО «Вакинское Агро». В качестве объекта были коровы дойного стада голштинской породы и роботизированные станции. Основные параметры производительности изучали на 24 роботах. Потенциальным фактором повышения эффективности работы роботов явилось время выхода коров после доения. Для решения проблемы была проведена модернизация и установка выгонщика. После доения коров кормушка убиралась, открывались ворота робота, фотодатчик сверху фиксировал положение коров в роботе, включалось реле времени на 3-5 сек и открывался пневматический клапан. Трубка выгонщика, свисающая над крестцом животных, похлопывала коров с большой амплитудой и выгоняла их. Фотодатчик выключал пневматический клапан. Время выхода коров из робота сократилось на 60 %. Результаты исследований фиксировались и передавались в программу управления стадом DelPro.

**Результаты.** В результате экспериментальных исследований проведено изучение факторов, влияющих на производительность роботизированных доильных станций, и разработаны мероприятия по повышению их производительности и эффективности. По результатам наших исследований суточный валовой надой в расчете на один робот составил 1896 кг. Частота доения характеризует эффективность использования роботизированной системы и интервал доения коров, она составила 2,6 раза. Анализ среднего времени по процессам доения показал, что общее время доения коров составляло 7,3-9,2 минуты. На доение коров приходилось в среднем 5,4 минуты или 66 % от общего времени доения. Выход животных из робота в среднем составлял 24,6 секунды и явился потенциальным фактором повышения производительности робота. Для повышения производительности роботов нами была проведена модернизация и установка выгонщика. Время на выход коров из робота сократилось на 15,3 секунды или 60 %, увеличилась доходность доильных станций за счет дополнительных доений, увеличения количества дойных коров на 3 головы, молока на 99 литров. В расчете на 24 робота можно получить по 2376 литров молока в сутки или 71 280 литров в месяц и получить прибыль в размере 641 520 рублей в месяц или 7 698 240 рублей в год.

**Заключение.** В ходе исследования было установлено, что анализ параметров доения коров на роботизированных доильных станциях, своевременная коррекция и оптимизация процессов доения коров позволяют повысить их производительность и увеличить экономическую эффективность производства высококачественного молока.



**Ключевые слова:** коровы, голштинская порода, надой молока, роботизированная доильная станция, роботы

**Для цитирования:** Садиков Р.Р., Морозов И.А., Садиков Р.З., Морозова Н.И., Мусаев Ф.А. Повышение производительности роботизированных доильных станций. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, г. Рязань. 2024, Т. 16. № 1. С. 62-70 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.51.76.009>

Original article

## IMPROVING THE PERFORMANCE OF ROBOTIC MILKING STATIONS

Rustam R. Sadikov <sup>1</sup>✉, Igor A. Morozov <sup>2</sup>, Rifat Z. Sadikov <sup>3</sup>, Nina I. Morozova <sup>4</sup>, Farrukh A. Musaev <sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>1</sup> rustam.sadikov.97@mail.ru

<sup>2</sup> igor.mor@rgatu.ru

<sup>3</sup> rifat.sadikov@delaval.com

<sup>4</sup> n.morozova53@yandex.ru

<sup>5</sup> musaev@rgatu.ru

**Problem and purpose.** The aim of the study was to study the factors affecting the performance of robotic milking stations and to develop measures to improve their productivity and efficiency.

**Methodology.** The scientific and economic experiment was carried out on a robotic complex in LLC "Vakinskoe Agro". The object was cows of the Holstein dairy herd and robotic stations. The main performance parameters were studied on 24 robots. A potential factor in improving the efficiency of robots was the time of cows' exit after milking. To solve the problem, an upgrade and installation of a distiller was carried out. After milking the cows, the feeder was removed, the robot gate opened, the photo sensor from above fixed the position of the cows in the robot, the time relay turned on for 3-5 seconds and the pneumatic valve opened. The drover's tube, hanging over the animals' rump, patted the cows with great amplitude and drove them out. The photo sensor turned off the pneumatic valve. The time for cows to exit the robot has been reduced by 60%. The research results were recorded and transmitted to the DelPro herd management program.

**Results.** As a result of experimental studies, the factors affecting the performance of robotic milking stations have been studied, and measures have been developed to improve their productivity and efficiency. According to the results of our research, the daily gross yield per robot was 1,896 kg. The frequency of milking characterizes the efficiency of using a robotic system and the milking interval of cows, it was 2.6 times. An analysis of the average milking time showed that the total milking time of cows was 7.3 - 9.2 minutes. Milking cows accounted for an average of 5.4 minutes, or 66 % of the total milking time. The output of animals from the robot averaged 24.6 seconds and was a potential factor in improving the robot's performance. To increase the productivity of robots, we have upgraded and installed a driver. The time for cows to exit the robot was reduced by 15.3 seconds or 60 %, and the profitability of milking stations increased due to additional Based on 24 robots, you can get 2376 liters of milk per day or 71280 liters per month and make a profit of 641520 rubles per month or 7698240 rubles per year.

**Conclusion.** During the study, it was found that the analysis of cow milking parameters at robotic milking stations, timely correction and optimization of cow milking processes can increase their productivity and increase the economic efficiency of high-quality milk production.

**Key words:** cows, Holstein breed, milk production, robotic milking station, robots

**For citation:** Sadikov R.R., Morozov I.A., Sadikov R.Z., Morozova N.I., Musaev F.A. Improving the productivity of robotic milking stations. // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva. 2024. Vol.16, No.1, P. 62-70 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.51.76.009>

### Введение

Молочное животноводство – это одна из ведущих и стратегически значимых отраслей агропромышленного комплекса, которая обладает значительным потенциалом развития. В отрасль активно интегрируются цифровые технологии и инновационные технологические решения, которые позволяют нарастить объемы производства молока и увеличить доходность ферм и комплексов. Роботизация процессов производства происходит повсеместно. Если в технологическом процессе нужна точность, качество, стабильность, контролируемость, то используют роботизирован-

ные системы, работающие по определенным алгоритмам. Период пандемии показал надежность подобных решений, так как сложные, физически тяжелые процессы заменяют роботы. В последние годы наблюдается динамика на укрупнение животноводческих предприятий по всему миру, от 10 до 20 % мелких предприятий закрываются или вливаются в крупные холдинги и сельхозобъединения с высокой интенсификацией производства [4-8].

Роботизация в животноводстве движется не менее интенсивно: по разным данным процент строительства новых ферм и модернизация ста-



рых варьирует в разных странах от 5 до 55 % в общем количестве открывающихся ферм. Объем молока, производимого на роботизированных фермах, составляет всего лишь 3 %, но ежегодно происходит увеличение его доли. Роботизированное доение коров в настоящее время является одним из наиболее перспективных способов, поэтому приобретает широкое распространение как в Центральном федеральном округе Российской Федерации, так и за ее пределами [1-3, 9-11].

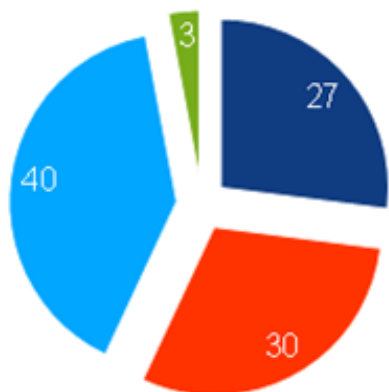


Рис. 1 – Объемы производимого молока при различных системах доения коров в России

Условные обозначения: ■ – доение в молокопровод на привязи; ■ – доение в доильных залах «Карусель»; ■ – доение в доильных залах «Параллель» и «Елочка»; ■ – доение в роботизированных установках.

Fig.1 – Volumes of milk produced under different cow milking systems in Russia

Legend: – ■ milking into the milk line on a leash; ■ milking in the Karusel milking parlors; ■ milking in “Parallel” and “Herringbone” type milking parlors; ■ milking in robotic installations.

Применение роботизированной технологии доения коров способствует развитию молочного скотоводства, превращая его в высокотехнологическую отрасль агропромышленного комплекса (АПК). Роботизированная система доения предлагает ряд преимуществ по сравнению с традиционным ручным доением. Она обеспечивает повышенный комфорт и благополучие для коров, а также повышает эффективность процесса сбора молока. Роботы работают автоматически и могут быть настроены на индивидуальные потребности каждой коровы. Коровы имеют свободный доступ к доильным станкам, и каждая из них может выбирать удобное время для доения. Робот считывает данные о состоянии вымени, мастите и других показателях здоровья именно этой коровы, что позволяет оперативно реагировать на любые отклонения и принимать соответствующие меры. [12,13].

Такая автоматизированная система обеспечивает дополнительные преимущества для пред-

приятий молочной промышленности. Она позволяет увеличить масштаб производства молока и сократить затраты труда. Кроме того, роботизированная технология доения повышает точность и надежность сбора молока, улучшает его качество и снижает риск контаминации.

Во всем мире на протяжении последних лет в хозяйствах различных форм собственности внедряются автоматизированные системы доения. В нашей стране первый доильный робот был введен в действие в конце 2007 года [2].

Основными факторами, которые оказывают влияние на внедрение автоматизированных систем доения в сельхозпредприятиях, являются улучшение организации труда, увеличение производства молока и улучшение поведения животных [14].

Таким образом, применение роботизированной технологии доения коров является важным шагом в развитии молочного скотоводства и способствует его превращению в высокотехнологичную отрасль АПК.

#### Методология и методы исследования

Экспериментальные исследования по изучению факторов, влияющих на производительность роботизированных доильных станций, проводились на базе роботизированного комплекса ООО «Вакинское Агро» Рыбновского района Рязанской области. В качестве объекта исследований были коровы дойного стада голштинской породы и роботизированные доильные станции, оснащенные роботами-доярками V 100 шведской компании DeLaval. На комплексе коров голштинской породы содержат в четырех производственных зданиях по 480 стойло-мест, есть родильное отделение с боксами для отела и местами на 280 сухостойных и 60 новотельных коров (рис. 2.)



Рис. 2 – Производственные здания  
Fig. 2 – Industrial buildings

В хозяйстве используют 33 робота-дойера V100 шведской компании DeLaval (рисунки 2,3)

Дойные коровы были разделены на технологические группы по дням лактации: от 0 до 100 дней; от 101 до 200 дней; от 201 дня и более. Факторы, влияющие на производительность роботизированных доильных станций, изучали по 10 ос-





новным параметрам: суточный валовый надой, кг; частота доения, раз; продолжительность доения, мин; время в доении, час; время в холостом режиме, час; количество сбросов, %; дней в доении; надой на одно доение, кг; количество потребленного комбикорма, %; количество проходов через селекционные ворота. Провели анализ среднего времени процессов в период доения коров в 24-х роботах. После выявления потенциального фактора повышения производительности роботов – времени выхода коров, провели модернизацию и установку выгонщика.



Рис. 3 – Робот-дояр V 100 шведской компании DeLaval

Fig. 3 – Therobotmilker V 100 of the Swedish company DeLaval



Рис. 3 – Роботизированная доильная станция в ООО «Вакинское Агро»

Fig. 3 – Robotic milking station in LLC "Vakinskoe Agro"

#### Результаты исследований и их обсуждение

Доильный робот – это машина для выполнения всех рутинных операций вместо доярки. Принцип входа в робот может быть добровольным или подгонным. Добровольное доение позволяет корове самостоятельно определять время и интервал доения, поскольку корова может захотеть доиться в любое время. Роботизированная до-

ильная станция состоит из доильного аппарата, датчика положения сосков – лазера, манипулятора – «роботизированной руки» для подключения и отключения доильных стаканов и системы ворот для контроля движения коров. При входе коровы в доильную станцию проводится идентификация номера коровы и на основании данных в программе управления робот допускает корову на дойку или выпускает, если корову доили недавно. Если корову надо доить, то манипулятор выезжает, начинается автоматическая очистка сосков, подключается доильный аппарат на соски и начинается доение. На каждом соске выполняются рутинные операции соответствующим стаканом доильного аппарата. Во время доения отслеживается поток молока, электропроводность молока, температура молока и датчик соматических клеток.

Дополнительные функции робота: датчик на шее коровы фиксирует время потребления корма, данные о руминации и активности животного. После автоматического снятия внутри стакана происходит дезинфекция сосков. После этого корова покидает доильный робот, манипулятор уезжает в постановочное гнездо, проводится дезинфекция пространства между коровами.

Одним из важнейших изучаемых показателей производительности робота является суточный валовый надой, выраженный в килограммах. Он является важным показателем эффективности работы робота-дояра, так как отражает количество молока, которое робот способен собрать за одни сутки. Чем выше валовый надой, тем больше молока робот собирает, что, в свою очередь, увеличивает продуктивность и рентабельность процесса доения. Повышение валового надоя может быть достигнуто благодаря оптимальному управлению режимами работы робота, соответствующему рациону коров, максимальной комфортности для животных и эффективному обслуживанию технической составляющей устройства.

Результаты наших исследований проводились по 24 роботизированным станциям и были рассчитаны в среднем на один робот. По результатам наших исследований суточный валовый надой в расчете на один робот составил 1896 кг (табл. 1).

Частота доения коров составила 2,6 раза, чем чаще доится корова, тем выше производительность робота. Частота доения характеризует эффективность использования роботизированной системы. Среднее значение частоты доения коров колеблется от 2,2 до 3,2 раза и обусловлено индивидуальными особенностями коров. Большинство интервалов доения находится в диапазоне 7-9 часов [13-15].

Помимо частоты и интервала доения, важными показателями являются время нахождения в станции доения, продолжительность прикрепления доильных стаканов, время молоковыведения (доения) и интенсивность молоковыведения. Они оказывают влияние на эффективность использования роботизированной системы [16].

Оптимальное время молоковыведения должно составлять 3-6 минут с интенсивностью молоковыведения 2,0-2,5 кг/мин., удовлетворительное –





6-8 минут с интенсивностью 1,5-2,0 кг/мин., плохое – 8-10 минут с интенсивностью 1,0-1,5 кг/мин., очень плохое – 10-12 минут с интенсивностью 0,6-1,0 кг/мин. Продолжительность доения составляла 8,16 минуты. Оптимизация этого показателя позволяет сократить время доения и повысить эффективность работы. Время в доении робота

составило 12,5 часов, увеличение этого времени повышает производительность, так как больше коров успевает доиться. Время в холостом режиме – 8,6 час. Этот показатель указывает на время, которое робот-дояр проводит в ожидании новых коров для доения. Минимизация этого времени позволяет обеспечить непрерывную работу робота.

Таблица 1 – Основные параметры производительности роботов

| Показатели эффективности работы роботов |   | В среднем на 1 робот-дояр |
|---|---|---------------------------|
| 1.                                      | Суточный валовый надой, кг                    | 1896                      |
| 2.                                      | Частота доения коров, раз                     | 2,6                       |
| 3.                                      | Продолжительность доения, мин                 | 8,16                      |
| 4.                                      | Время в доении, час                           | 12,5                      |
| 5.                                      | Время в холостом режиме, час                  | 8,6                       |
| 6.                                      | Количество сбросов, %                         | 9,5                       |
| 7.                                      | Дней в доении                                 | 187                       |
| 8.                                      | Надой на одно доение, кг                      | 9,8                       |
| 9.                                      | Количество потребленного комбикорма, %        | 96                        |
| 10.                                     | Количество проходов через селекционные ворота | 11                        |

Количество дней, в течение которых робот-дояр использовался для доения коров, составило 187 дней. Длительный период использования свидетельствует о стабильности работы робота. Надой на одно доение, кг, определяет количество молока, собранного роботом-доярком за одно доение. Большой надой на одно доение свидетельствует о более эффективной работе робота. В нашем случае надой на одно доение составил 9,8 кг.

Количество потребленного комбикорма отражает процент комбикорма, потребляемого коровами во время доения. Этот показатель позволяет учитывать не только производительность робота, но и его влияние на рацион кормления и здоровье животных. Количество потребленного комбикорма составило 96 %.

Количество сбросов показывало процент отказов коровы от доения роботом. Меньшее ко-

личество сбросов свидетельствовало о лучшей адаптации коров к роботу, что повышает его производительность.

Количество проходов через селекционные ворота показывает количество проходов коров через ворота при использовании робота-дояра. Этот параметр может быть полезен при планировании погрузки и разгрузки робота, а также при оценке его использования. Количество проходов через селекционные ворота – 11 раз.

Учитывая основные параметры производительности роботов, мы провели детальный анализ процессов доения по времени: общее время доения, вход и идентификацию, обработку вымени перед доением, подключение аппарата, доение, обработку вымени после доения, выход животных из робота, итого (табл. 2).

Таблица 2 – Анализ времени процессов в период доения коров в роботах, секунд

| Робот № | Общее время доения (мин) | Вход и идентификация | Обработка вымени перед доением | Подключение аппарата | Доение | Обработка вымени после доения | Выход животного из робота | Итого (сек.) |
|---------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------|-------------------------------|---------------------------|--------------|
| VMS 01  | 0:08:10                  | 7,0                  | 40,0                           | 84,0                 | 316,0  | 15,0                          | 24,0                      | 486          |
| VMS 02  | 0:07:54                  | 6,8                  | 39,0                           | 81,9                 | 308,2  | 14,6                          | 23,4                      | 474          |
| VMS 03  | 0:08:37                  | 7,4                  | 42,6                           | 89,4                 | 336,2  | 16,0                          | 25,5                      | 517          |
| VMS 04  | 0:08:11                  | 7,1                  | 40,4                           | 84,9                 | 319,3  | 15,2                          | 24,2                      | 491          |
| VMS 05  | 0:08:30                  | 7,3                  | 42,0                           | 88,1                 | 331,6  | 15,7                          | 25,2                      | 510          |
| VMS 06  | 0:08:25                  | 7,3                  | 41,6                           | 87,3                 | 328,4  | 15,6                          | 24,9                      | 505          |
| VMS 07  | 0:08:17                  | 7,2                  | 40,9                           | 85,9                 | 323,2  | 15,3                          | 24,5                      | 497          |
| VMS 08  | 0:08:20                  | 7,2                  | 41,2                           | 86,4                 | 325,1  | 15,4                          | 24,7                      | 500          |
| VMS 09  | 0:07:36                  | 6,6                  | 37,5                           | 78,8                 | 296,5  | 14,1                          | 22,5                      | 456          |
| VMS 10  | 0:07:47                  | 6,7                  | 38,4                           | 80,7                 | 303,6  | 14,4                          | 23,1                      | 467          |
| VMS 11  | 0:07:56                  | 6,9                  | 39,2                           | 82,3                 | 309,5  | 14,7                          | 23,5                      | 476          |



Продолжение таблицы 2

|           |         |     |      |      |       |      |      |     |
|-----------|---------|-----|------|------|-------|------|------|-----|
| VMS 12    | 0:07:59 | 6,9 | 39,4 | 82,8 | 311,4 | 14,8 | 23,7 | 479 |
| VMS 13    | 0:07:36 | 6,6 | 37,5 | 78,8 | 296,5 | 14,1 | 22,5 | 456 |
| VMS 14    | 0:07:37 | 6,6 | 37,6 | 79,0 | 297,1 | 14,1 | 22,6 | 457 |
| VMS 15    | 0:07:52 | 7,7 | 43,8 | 92,0 | 345,9 | 16,4 | 26,3 | 532 |
| VMS 16    | 0:07:31 | 6,5 | 37,1 | 78,0 | 293,2 | 13,9 | 22,3 | 451 |
| VMS 17    | 0:09:11 | 7,9 | 45,3 | 95,2 | 358,3 | 17,0 | 27,2 | 551 |
| VMS 18    | 0:09:16 | 8,0 | 45,8 | 96,1 | 361,5 | 17,2 | 27,5 | 556 |
| VMS 19    | 0:08:50 | 7,6 | 43,6 | 91,6 | 344,6 | 16,4 | 26,2 | 530 |
| VMS 20    | 0:08:37 | 7,4 | 42,6 | 89,4 | 336,2 | 16,0 | 25,5 | 517 |
| VMS 21    | 0:07:55 | 6,8 | 39,1 | 82,1 | 308,8 | 14,7 | 23,5 | 475 |
| VMS 22    | 0:08:02 | 6,9 | 39,7 | 83,3 | 313,4 | 14,9 | 23,8 | 482 |
| VMS 23    | 0:09:14 | 8,0 | 45,6 | 95,8 | 360,2 | 17,1 | 27,4 | 554 |
| VMS 24    | 0:09:00 | 7,8 | 44,4 | 93,3 | 351,1 | 16,7 | 26,7 | 540 |
| В среднем |         | 7,2 | 41,0 | 86,1 | 324,0 | 15,4 | 24,6 |     |

Мы провели анализ времени по процессам доения коров в роботизированных доильных станциях, чтобы установить возможные факторы, влияющие на производительность роботов-доярков. Эта работа позволила выявить закономерность – время нахождения коров в работе зависит от специфики процессов. Общее время доения находилось в пределах от 7,3 до 9,16 минут. На доение коров приходилось в среднем 324 секунды – 5,4 минуты или 66 % от общего времени доения. Мы установили, что выход животных из робота в среднем составлял 24,6 секунды, в то же время вход и идентификация проводилась в 3 раза быстрее,

всего лишь за 7,2 секунды. Основные параметры, учитываемые при расчете производительности робота, показаны на рисунке 5.

Для повышения производительности робота необходимо было ускорить выход коров после доения. Дальнейшие исследования на протяжении 30 дней показали, что 30 % коров не покидали роботизированную доильную установку сразу после открытия выпускных ворот. Штатный пневматический выгонщик, который используется в данном случае, не показал желаемого эффекта. Для решения проблемы была проведена модернизация и установка выгонщика.

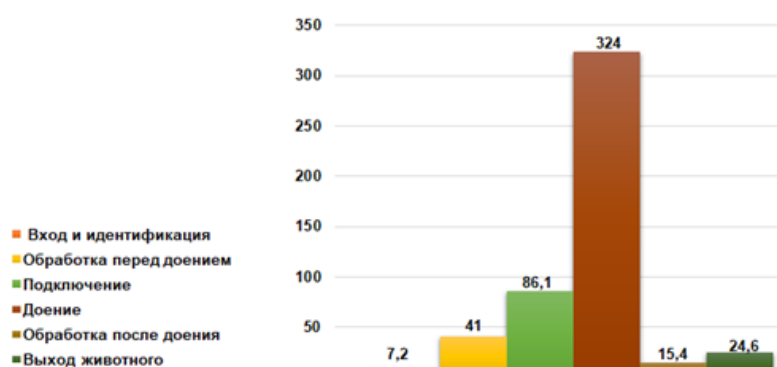


Рис. 5 – Среднее время на доение коров в роботе и дополнительные процессы, в секундах

Fig. 5 – The average time for milking cows in the robot and additional processes, in seconds



Рис. 6 – Выгонщик после модернизации

Fig. 6 – The driver after modernization

После доения коров кормушка убиралась, открывались ворота робота, фотодатчик сверху фиксировал положение коров в роботе, включалось реле времени на 3-5 сек и открывался пнев-

матический клапан. Трубка выгонщика, свисающая над крестцом животных, похлопывала коров с большой амплитудой и выгоняла их. Фотодатчик выключал пневматический клапан.



Таблица 3 – Временные показатели выхода коров после доения из робота, в среднем за 30 дней

| Временные показатели выхода коров после доения | Выход животного, сек |
|--|----------------------|
| VMS 03 (до модернизации)                       | 25,5                 |
| VMS 03 (после модернизации)                    | 10,2                 |
| Среднее по 24 роботам                          | 24,6                 |
| Минимум  | 22,3                 |
| Максимум                                       | 27,5                 |

Как видно из таблицы 3, после модернизации выгонщика время на выход сократилось на 15,3 секунды или на 60 %. Результаты исследований фиксировались и передавались в программу управления стадом DelPro.

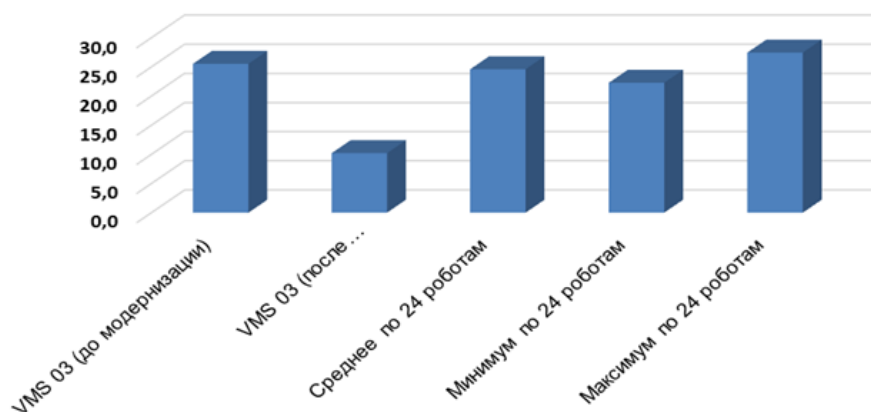


Рис. 7 – Время на выход после доения в контрольной и экспериментальной группах  
Fig. 7 – Time to exit after milking in the control and experimental groups

Расчет экономической эффективности внедрения модернизированного подгонщика показал потенциальную выгоду. Благодаря сокращению времени на выход коров из робота увеличилась доходность доильной станции [12]. Учитывая то, что в сутки на доильной станции возможно 170 доений, это дополнительно 43 минуты, что позволит выполнить дополнительно 6 доений. При условии, что каждая дойная корова принесит в среднем 33 литра молока, произойдет увеличение количества дойных коров на 3 головы и позволит получить дополнительно 99 литров молока в сутки. Это означает, что на 24 роботах можно получить по 2376 литров молока в сутки или 71 280 литров в месяц. Принимая во внимание цену закупки молока в 34 рубля, дополнительные 71 280 литров молока в месяц могут принести дополнительно 2 423 520 рублей дохода. При этом производственная себестоимость 1 литра молока составляет 25 рублей. Следовательно, прибыль составит 641 520 рублей в месяц или 7 698 240 рублей в год.

#### Выводы и предложения

1. В ООО «Вакинское Агро» провели экспериментальные исследования по повышению производительности 24 роботизированных доильных станций, оснащенных роботами-доярками V 100 шведской компании DeLaval. Основные параметры производительности роботов изучали по 10 показателям.

2. Роботизированная доильная станция состоит из доильного аппарата, датчика положения сосков – лазера, манипулятора для подключения и

отключения доильных стаканов и системы ворот для контроля движения коров. При входе коров в доильную станцию проводится идентификация, подготовка к доению, доение, учет и контроль качества молока.

3. Одним из важнейших изучаемых показателей производительности робота является суточный валовый надой – количество молока, которое робот способен надойть за одни сутки. По результатам наших исследований суточный валовый надой в расчете на один робот составил 1896 кг. Частота доения характеризует эффективность использования роботизированной системы и интервал доения коров, она составила 2,6 раза.

4. Анализ среднего времени по процессам доения на 24 роботах показал, что общее время доения коров составляло 7,3-9,2 минуты. На доение коров приходилось в среднем 324 секунды – 5,4 минуты или 66 % от общего времени доения. Выход животных из робота в среднем составлял 24,6 секунды, а вход и идентификация проводились за 7,2 секунды и были в 3,4 раза быстрее. Следовательно, показатель выхода коров из робота явился фактором повышения производительности робота.

5. Для повышения производительности роботов нами была проведена модернизация и установка выгонщика. Принцип работы выгонщика животных заключался в выгоне коров из робота через 3-5 секунд после доения с помощью фотодатчика и пневматического клапана.

6. После модернизации выгонщика время на



выход коров из робота сократилось на 15,3 секунды или на 60 %. Благодаря сокращению времени на выход коров из робота увеличилась доходность доильной станции за счет дополнительных доений, увеличения количества дойных коров на 3 головы, что позволило получить дополнительно 99 литров молока в сутки на один робот. В расчете на 24 робота можно получить по 2376 литров молока в сутки или 71 280 литров в месяц и получить прибыль в размере 641 520 рублей в месяц или 7 698 240 рублей в год.

#### Заключение

В ходе исследования было установлено, что анализ изучения параметров доения коров на роботизированных доильных станциях, своевременная коррекция и оптимизация процессов доения коров позволяют повысить их производительность и увеличить экономическую эффективность производства высококачественного молока.

#### Список источников

1. Казакевич, П.П. и др. Технологическая концепция «умной» молочной фермы. //П.П. Казакевич, В.Н. Тимошенко, А.А. Музыка. //Монография. Жодино. Беларусь. -2021. – 243 с.
2. Кормановский Л.П. Развитие роботизации доения коров. //Л.П. Кормановский. // Вестник ВНИИЖ. - 2013. - № 2(10).С. 78-81.1].
3. Можаяев Е.Е., Шафиров В.Г., Сердюк Н.С. Анализ экономической эффективности роботизированного доения коров //Зоотехния. -2019. № 9. С. 19-22.
4. Морозова, Н.И. Стратегическое партнерство – путь к стабилизации АПК. //Н.И. Морозова, И.Г. Шашкова, Ф.А. Мусаев. //Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2003. -№ 4. – С.41.
5. Морозова, Н.И. Молочная продуктивность и качество молока в зависимости от линейной принадлежности коров. //Н.И. Морозова, Ф.А. Мусаев. //Молочная промышленность. – 2007. -№7. –С.24.
6. Морозова, Н.И. Молочная продуктивность голштинских коров при круглогодичном стойловом содержании. [Текст]: монография. //Н.И. Морозова, Ф.А. Мусаев, Л.В. Иванова [и. др.]. –Рязань: РГАУ, 2013. -167 с.
7. Морозова, Н.И. Инновационные технологии в производстве молока. [Текст]: монография / Н.Г. Бышова, Н. И. Морозова, Ф. А. Мусаев [и. др.]. – Рязань: РГАУ, 2013. -156 с.
8. Мусаев, Ф.А. Технология производства молочных продуктов по стандартам России. [Текст]. Монография. //Мусаев, Фаррух Атауллович. – Рязань. – РГАУ. – 2009. – 326 с.
9. Соловьева, О.И. «Умная ферма в молочном скотоводстве». //О.И. Соловьева, О.Н. Аксенова. //Свидетельство о регистрации базы данных RU 202323928, 13.11.2023. Заявка от 26.10.2023.
10. Федосеева, Н.А. Некоторые рекомендации доения коров на роботизированных доильных установках. //Н.А. Федосеева. //Инновации и инвестиции. - 2016.- № 12.-С. 192-19.
11. Тихомиров, И.А. Технологические особенности использования доильных роботов в молочном скотоводстве. / И.А. Тихомиров, В.К. Скоркин. // Техника и технологии в животноводстве. -2020. - № 1(37). -С. 32-37.
12. Andre, G. Increasing the revenues from automatic milking by using individual variation in milking characteristics. / G. Andre. // Journal Dairy Science.- 2010. -Vol. 93. - P. 942-953.
13. Hermans G.N. etc. The effect of two traffic situations on the behavior and performance of cows in an automatic milking system / Hermans G.N. etc. // Journal Dairy Science. 2003. Vol. 86. P. 1997-2004.
14. Ketelaar-deLauwereet, C.C. Influence of routing treatment on cows' visit to an automatic milking system, their time budget and behavior /C.C.Ketelaar-deLauwereet. //Acta Agriculturae Scandinavica. -2000. -Vol. 50. -P. 174-183.
15. Meshcheryakov, V.P. Parametry doeniya korov-pervotyolok na robotizirovannoj ustanovke v zavisimosti ot srednej intensivnosti molokovyvedeniya. //Meshcheryakov V.P. i dr. //Glavnyj zootekhnik. -2019. - № 7. - S. 38-45].
16. Rodenburg, J. Strategies for incorporating robotic milking into North American herd management. / J. Rodenburg. // Proc. of the First North American conference on robotic milking. -Toronto, -2002. -P. 18-32.

Вклад авторов: Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### References

1. Kazakevich, P.P. i dr. Tekhnologicheskaya koncepciya «umnoj» molochnoj fermy. //P.P. Kazakevich, V.N. Timoshenko, A.A. Muzyka. //Monografiya. Zhodino. Belarus'. -2021. – 243 s.
2. Kormanovskij L.P. Razvitie robotizacii doeniya korov. //L.P. Kormanovskij. // Vestnik VNIIZh. - 2013. - № 2(10).S. 78-81.1].
3. Mozhaev E.E., Shafirov V.G., Serdyuk N.S. Analiz ekonomicheskoy effektivnosti robotizirovannogo doeniya korov //Zootekhnija. -2019. № 9. S. 19-22.
4. Morozova, N.I. Strategicheskoe partnerstvo – put' k stabilizacii APK. //N.I. Morozova, I.G. Shashkova, F.A. Musaev. //Ekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij. – 2003. -№ 4. – С.41.
5. Morozova, N.I. Molochnaya produktivnost' i kachestvo moloka v zavisimosti ot linejnoy prinadlezhnosti korov. //N.I. Morozova, F.A. Musaev. //Molochnaya promyshlennost'. – 2007. -№7. –С.24.
6. Morozova, N.I. Molochnaya produktivnost' golshtinskih korov pri kruglogodovom stojlovom soderzhanii. [Tekst]: monografiya. //N.I. Morozova, F.A. Musaev, L.V. Ivanova [i. dr.]. –Ryazan': RGATU, 2013. -167 s.
7. Morozova, N.I. Innovacionnye tekhnologii v proizvodstve moloka. [Tekst]: monografiya / N.G. Byshova, N. I. Morozova, F. A. Musaev [i. dr.]. – Ryazan': RGATU, 2013. -156 s.





8. Musaev, F.A. *Tekhnologiya proizvodstva molochnyh produktov po standartam Rossii. [Tekst]. Monografiya. /Musaev, Farruh Ataullahovich. – Ryazan'. – RGATU. – 2009. – 326 s.*
9. Solov'eva, O.I. «Umnaya ferma v molochnom skotovodstve». /O.I. Solov'eva, O.N. Aksenova. // *Svidetel'stvo o registracii bazy dannyh RU 202323928, 13.11.2023. Zayavka ot 26.10.2023.*
10. Fedoseeva, N.A. *Nekotorye rekomendacii doeniya korov na robotizirovannyh doil'nyh ustanovkah. /N.A. Fedoseeva. //Innovacii i investicii. - 2016.- № 12.-S. 192-19.*
11. Tihomirov, I.A. *Tekhnologicheskie osobennosti ispol'zovaniya doil'nyh robotov v molochnom skotovodstve. /I.A. Tihomirov, V.K. Skorkin. //Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. -2020. - № 1(37). -S. 32-37.*
12. Andre, G. *Increasing the revenues from automatic milking by using individual variation in milking characteristics. / G. Andre. // Journal Dairy Science.- 2010. -Vol. 93. - P. 942-953.*
13. Hermans G.N. etc. *The effect of two traffic situations on the behavior and performance of cows in an automatic milking system / Hermans G.N. etc. // Journal Dairy Science. 2003. Vol. 86. P. 1997-2004.*
14. Ketelaar-deLauwereetc, S.S. *Influence of routing treat mentson cows' visit sto anautomatic milking system, their time budgetan dother behavior /C.C.Ketelaar-deLauwereetc. //Acta Agricultu- rae Scandinavica. -2000. -Vol. 50. -P. 174-183.*
15. Meshcheryakov, V.P. *Parametry doeniya korov-pervotyolok na robotizirovannoj ustanovke v zavisimosti ot srednej intensivnosti molokovyvedeniya. /Meshcheryakov V.P. i dr. //Glavnyj zootekhnik. -2019. - № 7. - S. 38-45].*
16. Rodenburg, J. *Strategies for incorporating robotic milking into North American herd management. / J. Rodenburg. // Proc. of the First North American conference on robotic milking. -Toronto, -2002. -P. 18-32.*

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

#### Информация об авторах

**Садиков Рустам Ринатович**, аспирант кафедры «Технические системы в АПК» Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [rustam.sadikov.97@mail.ru](mailto:rustam.sadikov.97@mail.ru)

**Морозов Игорь Александрович**, аспирант кафедры технологии общественного питания и переработки с.-х. продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [igor.mor@rgatu.ru](mailto:igor.mor@rgatu.ru)

**Садиков Рифат Зайнидинович**, канд. с.-х. наук, ИП Садиков Рифат Зайнидинович, [rifat.sadikov@delaval.com](mailto:rifat.sadikov@delaval.com)

**Морозова Нина Ивановна**, д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии общественного питания и переработки с.-х. продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [n.morozova53@yandex.ru](mailto:n.morozova53@yandex.ru)

**Мусаев Фаррух Атауллахович**, д-р с.-х. наук, профессор к кафедры технологии общественного питания и переработки с.-х. продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [musaev@rgatu.ru](mailto:musaev@rgatu.ru)

#### Author information

**Sadikov Rustam R.**, postgraduate student of the Department of "Technical Systems in Agriculture" Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [rustam.sadikov.97@mail.ru](mailto:rustam.sadikov.97@mail.ru)

**Morozov Igor A.**, Postgraduate student of the Department of Public Catering Technology and Agricultural Products Processing, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [igor.mor@rgatu.ru](mailto:igor.mor@rgatu.ru)

**Sadikov Rifat Z.**, Candidate of Agricultural Sciences, IP Sadikov Rifat Zainidinovich, [rifat.sadikov@delaval.com](mailto:rifat.sadikov@delaval.com)

**Morozova Nina I.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Public Catering and Processing of agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [n.morozova53@yandex.ru](mailto:n.morozova53@yandex.ru)

**Musaev Farrukh A.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Public Catering and Processing of agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [musaev@rgatu.ru](mailto:musaev@rgatu.ru)

Статья поступила в редакцию 27.01.2024; одобрена после рецензирования 27.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 27.01.2024; approved after reviewing 27.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т16, №1., с.71-79  
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №1, pp. 71-79

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 36: 618 + 615.036.8  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.52.56.010

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОПРЕПАРАТОВ СЕРИЙ PREVENTION И SALUS В РЕАЛИЗАЦИИ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ И ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

**Владимир Григорьевич Семенов** <sup>1✉</sup>, **Светлана Геннадиевна Кондручина** <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет», г. Чебоксары, Россия

<sup>1</sup> semenov\_v.g@list.ru

<sup>2</sup> svetlana-kondruchina@yandex.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** Целью настоящей работы явилось ветеринарно-гигиеническое обоснование иммунопрофилактики организма крупного рогатого скота биопрепаратами нового поколения серий *Prevention* и *Salus* в реализации воспроизводительных и продуктивных качеств.

**Методология.** Научно-исследовательская работа проведена в период с 2007 по 2023 годы и состояла из 3 этапов. Объектами исследования были коровы, находящиеся в периодах сухостоя, новотельности и лактации, полученные от них телята с рождения до достижения возраста 540 суток, импортируемые из Беларуси нетели. В ходе научных исследований нами изучены показатели крови, иммунореактивность животных за 35-30, 15-10 и 10-5 суток до отела, а также через 3-5 суток после отела. У белорусских нетелей, кроме этого, проанализирован профиль крови до транспортировки и после, обследованы репродуктивные органы после отела, количество и качество полученного молока. У телят были изучены особенности роста, заболеваемости и сохранности, физиологические данные, картина крови, состояние резистентности организма на 1-, 15-, 30-, 60-, 90-, 120-, 150-, 180-е, а у молодняка – на 360- и 540-е сутки жизни с использованием стандартных методических приемов. Исследования проведены при применении разработанных препаратов *Prevention-N-C*, *Prevention-N-E*, *Salus-PE* и *Salus-EG* за 45-40, 25-20 и 15-10 суток до отела, телятам на 2-3 и 7-9 сутки после рождения, нетелям за 7 суток до и на 2 сутки после транспортировки, а также предложены сеансы электропунктуры новотельным коровам по 15 минут с интервалом 48 часов при помощи прибора Вокал-В.

**Результаты.** Установлено, что предлагаемые биопрепараты предотвращают транспортный стресс и способствуют избирательной мобилизации биоресурсного потенциала производственных и продуктивных качеств коров в периодах сухостоя, новотельности и лактации, полученных от них телят с рождения до достижения возраста 540 суток и импортируемых нетелей, улучшению морфологической и биохимической картины крови, стимуляции активности обмена веществ, клеточных и гуморальных звеньев неспецифической резистентности организма.

**Заключение.** На основании многолетних исследований нами дано ветеринарно-гигиеническое обоснование иммунопрофилактики организма крупного рогатого скота биопрепаратами нового поколения серий *Prevention* и *Salus* в реализации воспроизводительных и продуктивных качеств.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, иммуностимулирующие препараты, иммунитет, *Prevention-N-C*, *Prevention-N-E*, *Salus-PE*, *Salus-EG*

**Для цитирования:** Семенов В.Г., Кондручина С.Г. Эффективность биопрепаратов серий *Prevention* и *Salus* в реализации воспроизводительных и продуктивных качеств крупного рогатого скота // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024 Т. 16. № 1. С.71-79 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.52.56.010>



## THE EFFECTIVENESS OF BIOLOGICAL PRODUCTS OF THE PREVENTION AND SALUS SERIES IN THE REALIZATION OF REPRODUCTIVE AND PRODUCTIVE QUALITIES OF CATTLE

Vladimir G. Semenov<sup>1</sup>✉, Svetlana G. Kondruchina<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

<sup>1</sup> semenov\_v.g@list.ru

<sup>2</sup> svetlana-kondruchina@yandex.ru

### Abstract.

**Problem and purpose.** The purpose of this work was the veterinary and hygienic justification of immunoprophylaxis of the body of cattle with new generation biopreparations of the Prevention and Salus series in the realization of reproductive and productive qualities.

**Methodology.** The research work was carried out in the period from 2007 to 2023 and consisted of 3 stages. The objects of the study were cows in the periods of deadwood, newness and lactation, calves received from them from birth to the age of 540 days, imported heifers from Belarus. In the course of scientific research, we studied the blood parameters and immunoreactivity of animals 35-30, 15-10 and 10-5 days before calving, as well as 3-5 days after calving. In addition, the bioamine profile of the blood of Belarusian heifers was analyzed before and after transportation, the reproductive organs after calving, the quantity and quality of the milk received were examined. In calves, the conditions of growth, morbidity and preservation, physiological data, blood picture, and the state of resistance of the body to 1-, 15-, 30-, 60-, 90-, 120-, 150-, 180- e, and in young animals – on the 360th and 540th day of life with using standard methodological techniques. The studies were carried out using the developed drugs Prevention-N-C, Prevention-N-E, Salus-PE and Salus-EG on the 45-40, 25-20 and 15-10 days before calving, calves on 2-3 and 7-9 days after birth, heifers 7 days before and 2 days after transportation, and electropuncture sessions were offered to new-bodied cows for 15 minutes with an interval of 48 hours using the Vocal-V device.

**Results.** It has been established that the proposed biologics prevent transport stress and contribute to the selective mobilization of the bioresource potential of production and productive qualities of cows in the periods of deadwood, newness and lactation, calves obtained from them from birth to the age of 540 days and imported heifers, improve the morphological and biochemical picture of blood, stimulate metabolic activity, cellular and humoral links of nonspecific resistance the body.

**Conclusion.** Based on many years of research, we have given a veterinary and hygienic justification for immunoprophylaxis of the bovine body with new generation biopreparations of the Prevention and Salus series in the implementation of reproductive and productive qualities.

**Key words:** cattle, immunotropic drugs, immunity, Prevention-N-C, Prevention-N-E, Salus-PE, Salus-EG

**For citation:** Semenov V. G., Kondruchina S. G. The effectiveness of biopreparations of the prevention and salus series in the realization of reproductive and productive qualities of cattle. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P. 71-79 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.52.56.010>

### Введение

В Российской Федерации молочное животноводство является основной и одной из самых прибыльных отраслей животноводства. Однако за последние десять лет ученые нашей страны пришли к выводу, что в связи с экономическими реформами и уменьшением внутреннего производства животноводческой продукции объем российской сельхозпродукции зависит от импорта. В настоящее время эта проблема активно связана с «блокированием» стран, импортирующих продукцию в нашу страну [5].

На сегодняшний день генетический фонд в животноводстве находится на спаде вследствие отсутствия новых программ и стратегий разведения. Интенсификация производственных технологий, замена пород по направлению продуктивности, активное использование возможностей искусственного осеменения и трансплантации эмбрионов может повлиять на генетические ресурсы животных [4].

Как показал анализ, в молочном животноводстве с каждым годом увеличивается объем скрещивания местных пород с голштинской, что является основным методом улучшения производственных показателей коров черно-пестрой и других пород отечественной селекции. При проведении бонитировки поголовья крупного рогатого скота установлено, что около 50% животных получены в результате скрещивания разных пород, из них 60% разведены при помощи поглотительного скрещивания во втором поколении, 28% – возвратного скрещивания и менее 2% – разведенные «в себе». Такая племенная работа может в скором времени привести к сокращению внутреннего генетического разнообразия. В популяциях сужается генетическая изменчивость, сокращаются сроки хозяйственного использования животных и устойчивость к болезням, теряются адаптивные и ценные качества пород [3].

Новая стратегия развития животноводства для получения органической продукции должна быть





основана на наиболее полной реализации потенциала продуктивности скота путем создания оптимальных зооигиенических условий содержания и кормления [6]. На опыте последнего десятилетия стало очевидно, что инновационные технологии, внедренные в производство, повышают эффективность использования производственных мощностей и оборудования, производительность труда персонала, но не учитывают биологические особенности и механизмы высокопродуктивного поголовья животных, приближая к биологической машине для производства целевой продукции. Таким образом, несмотря на процессы роста использования в хозяйствах перспективных технологий, необходимый уровень продуктивности скота и рентабельности отрасли не достигается.

В условиях интенсификации молочного скотоводства при постоянном негативном воздействии стрессовых факторов продуктивность животных приводит к увеличению нагрузки на организм, связанной с мобилизацией рабочей активности органов и систем. На сегодняшний день активность системы резистентности не всегда достаточна, что увеличивает вероятность развития заболеваний, а здоровье животных напрямую определяет их продуктивную эффективность. В связи с этим становится понятно, почему высокопродуктивные коровы наиболее уязвимы в плане заболеваний молочной железы и половых органов. Такое поголовье характеризуется повышенным метаболизмом, так как образуется молоко посредством активного превращения кормовых питательных веществ с низкими затратами на единицу продукции, что влечет к снижению иммунобиологического статуса коров с высокой молочной продуктивностью даже при малейших изменениях в условиях кормления и содержания. Воспаление молочной железы оказывает влияние на весь репродуктивный аппарат животных. Известно, что у 25% и более коров с маститом диагностируют эндометриты, функциональные нарушения яичников и воспроизводительной функции [1].

Первостепенной задачей современной ветеринарии является обеспечение здоровья животных, реализация генетического потенциала продуктивности и получение безопасной и высококачественной продукции. Профилактика заболеваний и рост продуктивности сельскохозяйственных животных возможны при целенаправленном воздействии на систему резистентности организма. В производственных условиях целесообразнее и эффективнее не лечить животных, а использовать профилактические мероприятия, стимулирующие неспецифическую резистентность, тогда как чаще всего показаниями к применению лечебных средств в животноводстве является возникновение заболевания [7, 8, 9].

Микрофлора играет важную роль в этиологии болезней, так как вторичная патология часто развивается на фоне иммунодефицитного состояния, что, как правило, приводит к применению антибиотиков и других средств этиотропной терапии. Но в то же время эффективность специфических

этиотропных средств при иммунодефицитном состоянии организма значительно снижается, так как полная элиминация патогенных микроорганизмов осуществляется фагоцитарноактивными клетками. Поэтому нами апробированы биопрепараты серий Prevention и Salus, разработанные учеными Чувашского государственного аграрного университета, которые обладают комплексными иммунотропными свойствами.

Цель настоящей работы – ветеринарно-гигиеническое обоснование иммунопрофилактики организма крупного рогатого скота биопрепаратами нового поколения серий Prevention и Salus в реализации воспроизводительных и продуктивных качеств.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследовательская работа проводилась с 2007 по 2023 годы и включала 3 этапа.

В условиях молочно-товарной фермы ООО «Красное Сормово» Красноармейского муниципального округа Республики Чувашия был проведен первый этап исследований по реализации биоресурсного потенциала коров стадии глубокой стельности и телят, полученных от них.

Второй этап опытов, посвященный иммунопрофилактике организма нетелей, проведен в производственных условиях хозяйства Янтиковского муниципального округа Чувашской Республики АО «Фирма «Акконд-агро».

На третьем этапе проведена профилактика заболеваний новотельных коров и реализация биологического потенциала их продуктивных качеств и функции воспроизводства на базе ОАО «Чурачикское» Чебоксарского муниципального округа Чувашской Республики.

В первом опыте научной работы по принципу аналогов были отобраны коровы за 45 дней до отела и сформированы три группы из 45 животных – две опытные и контроль, далее опыт длился весь лактационный период. Кроме этого, после отела коров в опыт включались телята до 540-дневного возраста. Для повышения молочной продуктивности коров в результате активизации потенциала продуктивности применяли внутримышечно иммунотропные препараты Prevention-N-C и Salus-PE в дозе 10 мл за 45-40, 25-20 и 15-10 дней до отела соответственно коровам 1-й и 2-й опытных групп. В группе контроля применение разработанных препаратов не проводилось. Методика проведения исследований схематично изображена на рисунке 1.

На следующий день после отела коров новорожденных телят переводили в телятник, где они жили в отдельных домиках до достижения 30-дневного возраста, а затем их содержали группами. По принципу аналогов было отобрано 30 новорожденных телят в возрасте 1 суток, которые были распределены на одну контрольную и две опытные группы. С целью лучшей адаптации телят 1-й и 2-й опытных групп к производственным стресс-факторам и повышения продуктивной функции в будущем им назначали биопрепараты Prevention-N-C и Salus-PE по 3 мл соответственно на 2-3 и 7-9 сутки после рождения. Телята группы контроля участвовали в опыте без использования препаратов.



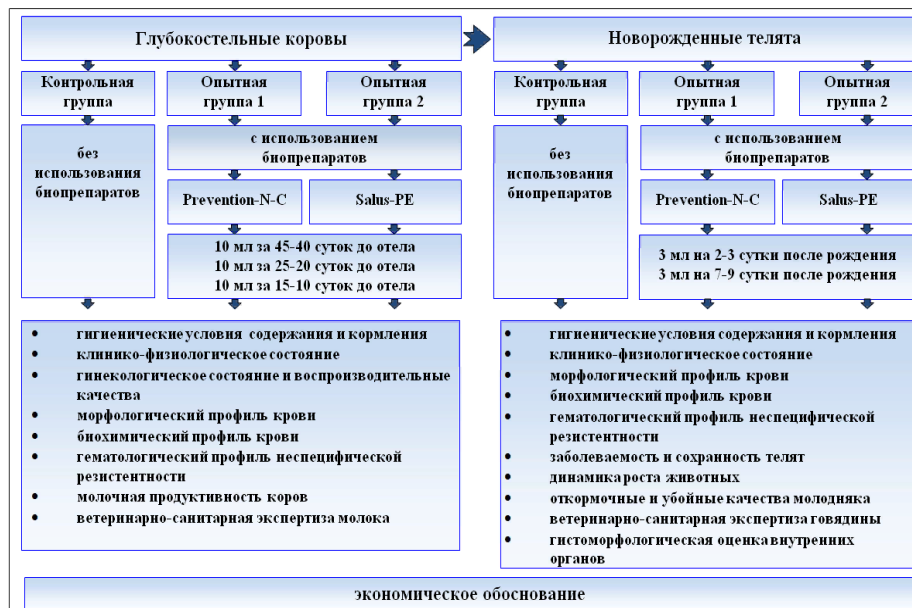


Рис.1 – Схема первого опыта  
Fig.1 – The scheme of the first experience

На фоне импорта предприятием АО «Фирма «Акконд-агро» нетелей голштинской породы из Республики Беларусь был проведен второй этап наших исследований. Опыт проведен после формирования трех аналоговых групп нетелей из 45 голов. Нетелям 1-й и 2-й опытных групп применяли внутримышечные инъекции Prevention-N-E

и Salus-EG соответственно в дозе 10 мл за семь дней до вывоза из хозяйства Республики Беларусь и на 2 день после завоза в карантинную группу на базе АО «Фирма «Акконд-агро». Третья группа являлась контрольной, поэтому эти животные не подвергались профилактике транспортного стресса разработанными нами препаратами (рис. 2).



Рис.2 – Схема второго опыта  
Fig.2 – The scheme of the second experience



На рисунке 3 приведена схема проведения третьего научного опыта на коровах за 45 дней до отела и до 6 дня после отела. На базе молочно-товарной фермы ОАО «Чурачикское» содержатся животные голштинизированной черно-пестрой породы. Данный эксперимент проведен на четырех аналоговых группах, каждая из которых включала 10 голов – 1-я, 2-я, 3-я опытные и контрольная.

Животным 1-й и 2-й опытных групп соответственно применяли препараты Salus-PE и Salus-EG по 10 мл трижды за 45-40, 25-20 и 15-10 суток до предварительной даты отела, внутримышечно. В третьей группе опыта коровам после отела применяли сеансы электропунктуры, опираясь на данные атласа Г.В. Казеева (2000) с использованием прибора Вокал-В [2].



Рис.3 – Схема третьего опыта  
Fig.3 – The scheme of the third experience

Разработанные комплексные биопрепараты Prevention-N-C, Prevention-N-E, Salus-PE и Salus-EG представляют собой водные суспензии, содержащие полисахаридный комплекс *saccharomycetes cerevisiae*, иммобилизованных в агаровом геле с добавлением (-)2,3,5,6-тетрагидро-6-фенилимидазо-[2,1-b]-тиазола гидрохлорид, кроме того в состав препарата Prevention-N-C дополнительно включен амоксициллина тригидрат, Prevention-N-E – бета-каротин, Salus-PE – бензилпенициллин натрия и энрофлоксацин, Salus-EG – бактерицидные средства энрофлоксацин и гентамицина сульфат.

В ходе опытов мы наблюдали за животными, забирали кровь из подхвостовой вены в определенные сроки: 35-30, 15-10 и 10-5 суток до отела, 3-5 сутки после отела. У белорусских нетелей, кроме этого, проанализирован профиль крови до транспортировки и после, обследованы репродуктивные органы после отела, количество и качество полученного молока. У телят результаты исследований регистрировали на 1-, 15-, 30-, 60-, 90-, 120-, 150-, 180-е, а у молодняка – на 360- и 540-е сутки после рождения с использованием стандартных методических приемов.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Установлено, что воздушная среда помещений для содержания подопытных животных соот-

ветствовала регламентированным Методическим рекомендациям по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота – РД-АПК 1.10.01.02-10. Кормление животных осуществлялось рационами, сбалансированным по питательным веществам, энергии, витаминам, макро- и микроэлементам, согласно детализированным нормам.

Разработанные иммуностропные препараты при применении коровам за 45-40, 25-20 и 15-10 суток до отела, телятам в возрасте 2-3 и 7-9 дней, нетелям за неделю до и через 2 дня после транспортировки, а также предложенные сеансы электропунктуры новотельным коровам, не влияют негативно на клиническое состояние и физиологические показатели организма, в том числе и в отдаленные периоды лактации коров, дорастивания и откорма молодняка.

Установлено, что благодаря препаратам Prevention-N-C и Salus-PE время отделения последа у коров сократилось до 6,0 и 6,4 часов, задержаний последа не было выявлено, были предотвращены заболевания вымени. Prevention-N-C профилактирует субинволюцию матки и эндометрит на 13,3 и 6,6 % соответственно, а при применении Salus-PE эти заболевания не регистрировались ( $P < 0,05$ ). Более того, на этом фоне первая половая охота подопытных коров наступа-



ет раньше на 11,6 и 14,2 дня, снижается индекс осеменения в 1,6 и 1,8 раза, сокращается сервис-период на 22,4 и 28,4 дня, повышается оплодотворяемость при первом осеменении на 20,0 и 26,7% соответственно ( $P < 0,05-0,01$ ).

Молоко коров, которым применялись разработанные иммуностропные препараты Prevention-N-C и Salus-PE, соответствовало требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) и ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

В первом опыте у коров на 3-5 сутки после отела в крови отмечалось увеличение уровня эритроцитов на 9,0 и 10,0 % и повышение концентрации гемоглобина на 4,3 и 6,2 % соответственно. Выявлено увеличение уровня общего белка в сыворотке крови животных в опыте на фоне применения биопрепаратов на 5,2 и 3,8 г/л, за счет увеличения альбуминовой на 1,8 и 1,3 г/л и глобулиновой фракций, преимущественно  $\gamma$ -глобулиновой – на 2,8 и 2,1 г/л ( $P < 0,05-0,01$ ). У коров 1-й и 2-й опытных групп также отмечено повышение резервной щелочности крови на 3,8 об %  $\text{CO}_2$ , или на 7,7% ( $P < 0,05$ ), и на 5,2 об %  $\text{CO}_2$ , или на 10,5 % ( $P < 0,01$ ), уровня глюкозы – на 0,29 ммоль/л, или на 12,3 % ( $P < 0,01$ ), и 0,21 ммоль/л, или на 8,9 % ( $P < 0,05$ ), неорганического фосфора на 0,26 и 0,22 ммоль/л, или на 17,1 % ( $P < 0,05$ ) и 14,5 % ( $P > 0,05$ ), общего кальция на 0,18 и 0,20 ммоль/л, или на 7,4 и 8,2 % ( $P < 0,05$ ), соответственно. Показатели неспецифической резистентности коров-матерей 1-й и 2-й опытной групп на 3-5 сутки после отела, а именно фагоцитарная активность нейтрофилов, активность лизоцима, бактерицидная активность сыворотки и количество иммуноглобулинов в крови оказались достоверно выше соответственно на 6,1 и 6,9 %, на 2,6 и 2,6 %, на 5,0 и 5,2 %, на 19,4 и 17,5 %. Следовательно, произошла активизация процессов обмена и факторов резистентности организма (клеточный и гуморальный профиль).

Аналогичная закономерность отмечена в динамике общих биохимических и иммунологических профилей крови молодняка, которые родились от коров, получавших биопрепараты Prevention-N-C и Salus-PE в сухостойном периоде. Наибольшая эффективность биопрепаратов влияет на показатели клеточного и гуморального факторов резистентности организма теленка.

Установлено, что испытанные в первом опыте препараты вызывают эозинофилию в крови подопытных групп животных, наиболее выраженный эффект наблюдался при применении Salus-PE. Если в начальные сроки исследования крови телят опытных групп наблюдалось преобладание палочкоядерных форм нейтрофилов, то сегментоядерные нейтрофилы демонстрировали количественное преимущество в последующие периоды наблюдений. Однако сегментоядерные нейтрофилы в течение всего опыта в крови животных опытных групп имели достоверное преимущество относительно контроля. Под влиянием биопре-

паратов произошел сдвиг нейтрофильного ядра вправо, что свидетельствует о стимулирующем эффекте на клеточные факторы резистентности.

Биопрепараты Prevention-N-C и Salus-PE, применяемые глубокостельным коровам 1-й и 2-й опытных групп, снижают заболеваемость новорожденных телят соответственно на 28,6 и 35,8 %, сокращают время выздоровления на 2,4 и 4,2 дня, что свидетельствует об эффективной профилактике заболеваний органов дыхательной и пищеварительной систем проверенными препаратами, а также стимуляции роста и развития молодняка. К примеру, к концу периода выращивания живая масса у подопытных групп телят (1-я и 2-я опытная) была выше контрольной на 5,0 и 7,0 кг, в конце периода дорастивания – на 13,8 и 16,6 кг, на момент перевода с откормочной группы – на 19,2 и 24,0 кг ( $P < 0,001$ ). При использовании биопрепаратов предубойная масса молодняка выросла на 20,1 и 24,2 кг, нежели в контроле, масса парной туши – на 12,4 и 15,4 кг, убойная масса – на 13,4 и 16,1 кг, а масса внутреннего жира – на 0,7 и 0,9 кг. Требования Технического регламента Таможенного союза «О безопасности говядины и мясопродуктов» (ТР ТС 034/2013) выполнены, что свидетельствует о безопасности применения наших биопрепаратов, они не оказывали негативно-го влияния на качество мясных туш.

Во втором этапе опытов мы установили, что использование биопрепаратов Prevention-N-E и Salus-EG корректирует условия, позволяющие снизить или исключить воздействие стрессоров на картину клинико-физиологических показателей нетелей, импортируемых из заграничных. То, как реагирует организм животных на стресс на фоне апробирования иммуностропных препаратов можно подтвердить анализом морфологии крови. В начальный период исследований после транспортировки уровень красных кровяных клеток у нетелей 1-й и 2-й опытных групп оказался достоверно ниже на 14,0 и 13,9% ( $P < 0,001$ ), гемоглобина – на 12,4 и 11,7 % ( $P < 0,01$ ), белых кровяных клеток – на 72,1 и 59,0 % ( $P < 0,001$ ), нейтрофилов (палочкоядерных и сегментоядерных) – на 3,5 и 4,9 % и на 13,1 и 12,2 % ( $P < 0,001$ ), чем в контрольной группе. Даже если количество лимфоцитов в подопытных группах сокращалось, то моноциты, эозинофилы, лимфоциты, наоборот, демонстрировали рост относительно контроля соответственно на 0,26 и 0,44 % ( $P > 0,05$ ), в 1,6 и 2,3 раза, на 15,8 и 15,5 % ( $P < 0,001$ ).

При применении комплексных препаратов с иммуностропным эффектом у животных 1-й и 2-й опытных групп исключаются негативные изменения в белковом обмене, которые наблюдались у нетелей при транспортном стрессе в контрольной группе. Установлено, что отмечается спад уровня общего белка и его глобулиновых фракций на 10 день после завоза, наиболее подвержены этому влиянию  $\gamma$ -глобулины – их уровень сокращается на 27,7 и 24,8 % соответственно по сравнению с контролем ( $P < 0,05-0,01$ ).

Активность аспартат- и аланинаминотрансфе-



раз была повышена в связи с необходимостью образования пирувата на 1-е сутки после применения биопрепаратов для обеспечения животных энергией в момент адаптации к стрессу. Через 5 дней после завоза импортных нетелей в их организме снижается потребность в продукции ферментов переаминирования, что также способствует накоплению в крови глутаминовой и аспарагиновой кислот – участников метаболизма. Поэтому животные становятся более устойчивыми к воздействию стрессовых факторов при транспортировке.

При анализе формирования защитно-приспособительных реакций подопытных животных мы оценили факторы неспецифической резистентности. Примечательно, что у животных всех групп (контрольной, 1-й и 2-й опытных) через сутки после транспортировки отмечалось снижение активности фагоцитов, бактерицидной активности сыворотки крови, лизоцимной активности плазмы крови, уровня иммуноглобулинов в сыворотке крови соответственно на 26,5 %, 10,7 и на 11,2 % ( $P < 0,01-0,001$ ), на 27,4 %, 13,6 и на 13,0% ( $P < 0,001$ ), на 10,4 %, 2,7 и на 3,3 % ( $P < 0,05-0,001$ ), на 33,9 %, 16,3 и на 18,8 % ( $P < 0,01-0,001$ ). Внутримышечное применение биопрепаратов нетелям подопытных групп сглаживает негативные последствия транспортного стресса и восстанавливает показатели неспецифической резистентности в течение первых 10 дней.

Установлено, что нетели опытных групп по сравнению с контролем значительно улучшили свои показатели воспроизводства на фоне применения биопрепаратов Prevention-N-E и Salus-EG. А именно, сократился сервис-период – соответственно на 7,8 и 12,2 сут., индекс оплодотворения – в 1,47 и 1,75 раза и вырос процент оплодотворяемости при первом осеменении в 2,0 и 3,0 раза ( $P < 0,05-0,01$ ), нежели в контрольной группе.

Использованные в опытах биопрепараты Prevention-N-E и Salus-EG оказывали положительное влияние на активизацию потенциала молочной продуктивности импортных голштинских нетелей, которая заложена в них генетически. Зарегистрировано, что отелившиеся нетели за лактационный период продемонстрировали удой выше, чем в контроле, на 121 и 157 кг ( $P < 0,05$ ). Похожая динамика сложилась и в питательной ценности молока: доля жира и белка в молоке животных 1-й и 2-й опытных групп были соответственно выше контрольных данных на 0,08 и 0,09% и на 0,03 и 0,05%.

В ходе второго опыта на фоне применения биопрепаратов нетелям при транспортировке мы получили коров, у которых улучшаются такие показатели качества молока, как сухое вещество, СОМО, лактоза, минеральные вещества, плотность, кислотность, КМАФАНМ, содержание соматических клеток, нежели в контроле. Таким образом, хозяйством реализована качественная продукция, отвечающая требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) и ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

В ходе проведения третьего опыта установлено, что применение биопрепаратов Salus-PE и Salus-EG до отела коров и трехкратные сеансы по 15 минут с интервалом 48 часов электропунктурного воздействия, стимулируют неспецифическую защиту организма, профилактируют послеродовые гинекологические заболевания у коров, чем способствуют улучшению воспроизводительных и продуктивных качеств.

При оценке вышеперечисленных эффектов мы установили, что в 1-й, 2-й и 3-й опытных группах время отделения плодных оболочек сократилась на 5,3 часа, 6,0 и 5,4 часа, заболеваемость субинволюцией матки уменьшилась в 4,0 раза, 4,0 и 2,0 раза, в 3-й опытной группе развитие эндометрита уменьшилось в 2,0 раза, а в 1-й и 2-й опытных группах вовсе исключался. Процент возникновения воспалительных процессов в вымени при использовании Salus-EG был в 3,0 раза ниже, чем при использовании Salus-PE, и в 1,5 раза ниже, чем при использовании электропунктуры. Апробированные методы иммунопрофилактики снизили число случаев субклинического кетоза среди подопытных групп животных в 4,0 раза.

Кроме этого, у подопытных животных (1-я, 2-я и 3-я опытные группы) улучшались показатели воспроизводительной функции. Первая половая охота в опытных группах наступила раньше, чем в контроле, на 14,1 сут., 18,8 и 14,9 сут., индекс осеменения снизился на 27 %, 30 и 23% и сервис-период оказался меньше на 25,2 сут., 35,5 и 23,0 сут., а процент оплодотворенных коров в первую половую охоту увеличился в 1-й и 3-й опытных группах на 30 %, во 2-ой – на 40%.

Показатели морфологии крови животных 1-й, 2-й и 3-й опытных групп также улучшились относительно контрольных данных. Так, на 3-5 сутки после отела уровень эритроцитов и гемоглобина в крови был выше в опытных группах на 6,1%, 9,8 и 4,7 % и на 3,4 %, 4,8 и 3,5 % соответственно ( $P < 0,05-0,01$ ). В крови животных в группах контроля и 3-й опытной уровень лейкоцитов на 5-10 сутки новотельности выросло на 9,8% и 14,2 %, а в 1-й и 2-й группах, наоборот, снизилось на 1,2 % и 2,08 % соответственно. Содержание общего белка в сыворотке крови было выше в 1-й опытной группе – 6,9 %, 2-й опытной – на 7,4 %, в 3-й опытной – на 2,3%, чем в контрольной группе, соответственно ( $P < 0,05-0,01$ ).

Такие немаловажные показатели, как уровень  $\gamma$ -глобулинов, резервной щелочности, глюкозы, общего кальция, неорганического фосфора, каротина, при исследовании сыворотки крови животных 1-й, 2-й и 3 опытных групп были выше контрольных данных. Так, вышеперечисленные показатели подопытных животных после отела оказались выше контрольных данных соответственно на 0,7 г/л, 0,4 и 0,5 г/л ( $P < 0,001$ ), на 8,4 %, 9,1 и 0,8 % ( $P < 0,05-0,01$ ), на 23,7 %, 26,2 и 21,1 % ( $P < 0,05$ ), на 0,22 ммоль/л (10,9 %), 0,05 ммоль/л (4,5 %) и 0,01 ммоль/л (2,3 %) ( $P < 0,05$ ), на 0,23 ммоль/л (16,4%), 0,27 ммоль/л (19,2%) и 0,24 ммоль/л (17,1%) ( $P < 0,05$ ), на 0,9 мг /%, 1,0 и 0,1 мг /%. А активность





АЛТ у животных опытных групп (1-я, 2-я, 3-я опытные) была достоверно ниже, нежели в контрольной группе, соответственно на 11,2 ед./л, 8,15 и 9,77 ед./л или на 21,3 %, 15,5 и 18,6 % ( $P < 0,05$ ), а АСТ – на 16,19 ед./л, 13,39 и 15,13 ед./л или на 13,73 %, 11,36 и 12,83 %, ( $P < 0,05$ ).

Применение иммуностропных препаратов Salus-PE и Salus-EG глубокостельным коровам и электропунктурное воздействие на них способствует активации защитных сил и реактивности иммунитета организма, что подтвердилось при исследовании неспецифической резистентности организма.

Установлено, что биопрепараты Salus-PE и Salus-EG, а также электропунктурное воздействие, наиболее полно реализуют биоресурсный потенциал продуктивных качеств коров. От подопытных коров (1-я, 2-я и 3-я опытные группы) за лактационный период получено молока соответственно на 156 кг, 201 и 34 кг ( $P < 0,01-0,001$ ) больше, чем от животных контрольной группы. Наибольший эффект обеспечивался комплексным биопрепаратом Salus-EG.

Применение разработанных методов иммунопрофилактики позволило улучшить показатели качества коровьего молока, которые соответствовали требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033-2013) и ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

Применение апробированных иммуностропных препаратов с точки зрения экономической эффективности из расчета на 1 рубль дополнительных затрат в первом опыте составила 6,59 и 8,34 рубля соответственно, втором – 3,39 и 3,33 рубля, третьем – 3,42, 4,51 и 0,69 рубля соответственно.

#### Заключение

На основании многолетних исследований мы можем заключить, что положительный эффект применения разработанных препаратов достигается стимуляцией неспецифической резистентности организма (клеточных и гуморальных факторов) коров.

Предлагаемые биопрепараты предотвращают транспортный стресс и способствуют избирательной мобилизации биоресурсного потенциала производственных и продуктивных качеств коров в периодах сухостоя, новотельности и лактации, полученных от них телят с рождения до достижения возраста 540 суток и импортируемых нетелей, улучшению морфологической и биохимической картины крови, стимуляции активности обмена веществ, неспецифических факторов резистентности организма (клеточных и гуморальных).

*Вклад авторов:*

*Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

#### Список источников

1. Баймишев, Х. Б. Репродуктивные способности нетелей голштинской породы / Х. Б. Баймишев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - Волгоград, 2013. - № 2(30). - С. 146-150.
2. Казеев, Г. В. Ветеринарная акупунктура (научно-практическое руководство) / Г. В. Казеев // РИО РГАЗУ. - Москва, 2000. - 398 с.
3. Конопельцев, И. Г. Воспроизводительная функция коров молочных пород в зависимости от различных факторов / И. Г. Конопельцев, С. В. Николаев, Л. В. Бледных // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак почета» Государственная академия ветеринарной медицины». - Минск, 2017. - №1. - С. 70-75.
4. Коршун, С. И. Влияние генотипа по голштинской породе на долголетие и пожизненную продуктивность коров / С. И. Коршун, Н. Н. Климов // Агроэкономика: экономика и сельское хозяйство. - 2017. - № 7 (19). - С. 1-5.
5. Кочиш, И. И. Корригирование становления антиоксидантно-иммунного статуса организма в условиях регионального йодоселенодефицита / И. И. Кочиш, О. Т. Муллакаев, А. В. Никулина, Р. А. Шуканов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. - Казань, 2022. - Т. 252. - № 4. - С. 132-137.
6. Петрянкин, Ф. П. Иммуностимуляторы в практике ветеринарной медицины / Ф. П. Петрянкин, В. Г. Семенов, Н. Г. Иванов // Монография. - Чебоксары: Новое Время, 2015. - 272 с.
7. Семенов, В. Г. Реализация биоресурсного потенциала черно-пестрого скота биопрепаратами / В. Семенов, Д. Никитин, Н. Герасимова, В. Васильев // Ветеринария сельскохозяйственных животных. - 2018. - № 1-2. - С. 90-97.
8. Семенов, В. Г. Реализация адаптивных, продуктивных и репродуктивных качеств нетелей / В. Г. Семенов, А. С. Тихонов, Р. В. Михайлова, Т. Н. Иванова // Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России: мат. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ. – Чебоксары, 2021. – С. 414-416.
9. Симурзина, Е. П. Оптимизация воспроизводительных и продуктивных качеств скота отечественными иммуностимуляторами / Е. П. Симурзина // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. - Казань, 2019. - Т.240(IV). - С.180-187.

#### References

1. Bajmishev, Kh. B. *Reproduktivny'e sposobnosti netelej golshtinskoj porody` / Kh. B. Bajmishev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy`sshee professional'noe obrazovanie. - Volgograd, 2013. - # 2(30). - S. 146-150.*



2. Kazeev, G. V. Veterinarnaya akupunktura (nauchno-prakticheskoe rukovodstvo) / G. V. Kazeev // RIO RGAZU. - Moskva, 2000. - 398 s.

3. Konopel'czev, I. G. Vosproizvoditel'naya funkczija korov molochny`kh porod v zavisimosti ot razlichny`kh faktorov / I. G. Konopel'czev, S. V. Nikolaev, L. V. Bledny`kh // Ucheny`e zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak pocheta» Gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj medicziny`. - Minsk, 2017. - #1.- S. 70-75.

4. Korshun, S. I. Vliyanie genotipa po golshtinskoj porode na dolgoletie i pozhiznennuyu produktivnost` korov / S. I. Korshun, N. N. Klimov // Agroe`konomika: e`konomika i sel`scoe khozyajstvo. - 2017. - # 7 (19). - S. 1-5.

5. Kochish, I. I. Korrigirovanie stanovleniya antioksidantno-immunnogo statusa organizma v usloviyakh regional'nogo jodoselenodeficzita / I. I. Kochish, O. T. Mullakaev, A. V. Nikulina, R. A. Shukanov // Ucheny`e zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj medicziny` im. N.E`. Baumana. - Kazan`, 2022. - T. 252. - # 4. - S. 132-137.

6. Petryankin, F. P. Immunostimulyatory` v praktike veterinarnoj medicziny` / F. P. Petryankin, V. G. Semenov, N. G. Ivanov // Monografiya. - Cheboksary`: Novoe Vremya, 2015. - 272 s.

7. Semenov, V. G. Realization of the bioresource potential of black-and-white cattle with biopreparations / V. Semenov, D. Nikitin, N. Gerasimova, V. Vasiliev // Veterinary medicine of farm animals. - 2018. - No. 1-2. - pp. 90-97.

8. Semenov, V. G. Realization of adaptive, productive and reproductive qualities of heifers / V. G. Semenov, A. S. Tikhonov, R. V. Mikhailova, T. N. Ivanova // Scientific and educational environment as the basis for the development of the intellectual potential of agriculture in the regions of Russia: mat. international scientific and practical conference, dedicated. To the 90th anniversary of the Chuvash State University. – Cheboksary, 2021. – pp. 414-416.

9. Simurzina, E. P. Optimizaczija vosproizvoditel'ny`kh i produktivny`kh kachestv skota otechestvenny`mi immunostimulyatorami / E. P. Simurzina, V. G. Semenov // Ucheny`e zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj medicziny` im. N.E`. Baumana. - Kazan`, 2019. - T.240(IV). - S.180-187.

*Contribution of the authors:*

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

#### **Информация об авторах**

**Семенов Владимир Григорьевич**, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Чувашский государственный аграрный университет, [semenov\\_v.g@list.ru](mailto:semenov_v.g@list.ru)

**Кондручина Светлана Геннадиевна**, канд. вет. наук, доцент кафедры морфологии, акушерства и терапии, Чувашский государственный аграрный университет, [svetlana-kondruchina@yandex.ru](mailto:svetlana-kondruchina@yandex.ru)

#### **Author information**

**Semenov Vladimir G.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, [semenov\\_v.g@list.ru](mailto:semenov_v.g@list.ru)

**Kondruchina Svetlana G.**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, [svetlana-kondruchina@yandex.ru](mailto:svetlana-kondruchina@yandex.ru)

Статья поступила в редакцию 20.01.2024; одобрена после рецензирования 27.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 20.01.2024; approved after reviewing 27.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.





Вестник РГАТУ, 2024, т. 16, №1, с 80-86  
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №1, pp 80-86

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 355.751  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.67.36.011

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ И ГРАНУЛИРОВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТЬ БЕЛКОВО-МИНЕРАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

*Алексей Николаевич Гринюк*<sup>1</sup>, *Евгений Николаевич Неверов*<sup>2</sup>✉,  
*Роман Алексеевич Ворошилин*<sup>3</sup>, *Ирина Вадимовна Тимощук*<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия

<sup>1</sup> jettastream@inbox.ru

<sup>2</sup> neverov42@mail.ru

<sup>3</sup> rom.vr.22@mail.ru

<sup>4</sup> irina\_190978@mail.ru

#### **Аннотация.**

**Проблема и цель.** Кормопроизводство является важнейшей отраслью сельскохозяйственного производства, которое должно соответствовать определенным требованиям, дающим возможность получения качественной и безопасной продукции АПК как на этапе самого производства, так и на этапе кормления животных. Актуальной проблемой в данной сфере является обеспечение безопасности производимых кормов, в связи с чем современными учеными и производственными организациями проводятся исследования по подбору и разработке технологий кормопроизводства. Целью данной работы является сравнительная оценка влияния технологии экструдирования и гранулирования на показатели качества и безопасности кормов на примере производства белково-минеральной кормовой добавки.

**Методология.** В качестве объектов исследования выступала разработанная смесь компонентов для производства смешанной и гранулированной кормовой добавки. Для исследований применялись установки по экструдированию и гранулированию компонентов. Определение показателей качества и безопасности проводили по общепринятым стандартным методикам.

**Результаты.** В ходе проведенных исследований установлено, что предлагаемые технологические режимы обработки кормов не влияют на снижение показателей массовой доли протеина, фосфора и кальция. При этом отмечено сниженное содержание массовой доли влаги в кормах, которое составляло 8,8 %. Предлагаемая технология позволит снизить продуктивное развитие микробной обсемененности в гранулированном корме, что способствует продлению срока хранения кормов.

**Заключение.** Полученные результаты позволили дать оценку влияния технологии экструдирования и гранулирования на показатели качества и безопасности белково-минеральной кормовой добавки, обосновать целесообразность применения предлагаемых способов и параметров для обеспечения безопасности кормопроизводства

**Ключевые слова:** гранулирование, корма, пищевая ценность, зерносмесь, белковая добавка, минеральная добавка

**Для цитирования:** Гринюк А. Н., Неверов Е. Н., Ворошилин Р. А., Тимощук И. В. Оценка влияния технологии экструдирования и гранулирования на показатели качества и безопасности белково-минеральной кормовой добавки // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т16, №1. С 80-86 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.67.36.011>



**Финансирование:** Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук (МК-4035.2022.4).

Original article

## EVALUATION OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGY OF EXTRUDING AND GRANULATION ON THE QUALITY AND SAFETY OF PROTEIN AND MINERAL FEED ADDITIVE

Alexey N. Grinyuk <sup>1</sup>, Evgeny Ni. Neverov <sup>2</sup>✉, Roman A. Voroshilin <sup>2</sup>, Irina V. Timoshchuk <sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

<sup>1</sup> jettastream@inbox.ru

<sup>2</sup> neverov42@mail.ru

<sup>3</sup> rom.vr.22@mail.ru

<sup>4</sup> irina\_190978@mail.ru

### Abstract.

**Problem and purpose.** Feed production is the most important branch of agricultural production, which must meet certain requirements, making it possible to obtain high-quality and safe agricultural products, both at the stage of production itself and at the stage of animal feeding. An urgent problem in this area is to ensure the safety of produced feed. In this connection, modern scientists and industrial organizations conduct research on the selection and development of fodder production technologies. The purpose of this work is a comparative assessment of the impact of extrusion and granulation technology on the quality and safety of feed on the example of the production of a protein-mineral feed additive.

**Methodology.** The objects of study were the developed mixture of components for the production of mixed and granulated feed additives. For research, installations for extruding and granulating components were used. Determination of quality and safety indicators was carried out according to generally accepted standard methods.

**Results.** In the course of the conducted studies, it was found that the proposed technological modes of feed processing do not affect the decrease in the mass fraction of protein, phosphorus and calcium. At the same time, a reduced content of mass milk yield and moisture in feed was noted, which amounted to 8.8%. The proposed technology will reduce the productive development of microbial contamination in granular feed, which helps to extend the shelf life of feed.

**Conclusion.** The results obtained made it possible to assess the impact of extrusion and granulation technology on the quality indicators and safety of the protein-mineral feed additive, to substantiate the feasibility of using the proposed methods and parameters to ensure the safety of feed production.

**Key words:** granulation, feed, nutritional value, grain mixture, protein supplement, mineral supplement

**For citation:** Grinyuk A. N., Neverov E. N., Voroshilin R. A., Timoshchuk I. V. Evaluation of the influence of technology of extruding and granulation on the quality and safety of protein and mineral feed additive // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No.1, P. 80-86 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.67.36.011>

**Financing:** The work was carried out within the framework of the grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists - candidates of science (МК-4035.2022).

### Введение

В настоящее время важность здоровой и безопасной пищи продолжает вызывать озабоченность потребителей. В сельскохозяйственном производстве имеется ряд проблем, которые могут оказать влияние на качество конечного продукта. На примере производства мясной продукции можно отследить следующую проблему – несоответствие санитарным нормам кормов и в последующем самого продукта в виде мясных туш [1,2]. Известно, что, если мясо производится в строгих гигиенических условиях, следует ожидать загрязнения поверхности порчей и патогенными микроорганизмами на последующих этапах его переработки [3]. Даже здоровые животные могут представлять собой благоприятную среду для патогенов пищевого происхождения. Поэтому необходимо изучить

новые стратегии борьбы с микробиологической обсемененностью, начиная с этапа кормопроизводства. В связи с этим возникает необходимость в обеспечении безопасных технологий кормопроизводства [4].

Технология кормления охватывает принципы производства кормов, при которых функциональные ингредиенты должны подвергаться обработке для получения кормовых продуктов, отвечающих соответствующим требованиям. Переработка ингредиентов должна приносить дополнительную выгоду и приводить к повышению кормовой ценности или снижению воздействия на дефицитные ресурсы, например, обменную энергию, воду, минералы. Поэтому технология производства кормов — это важный процесс, обеспечивающий качество и безопасность конечной продукции животновод-





ства [5,6]. Однако в настоящее время основное внимание в отрасли уделяется не только корму как конечному продукту, но также технологии и эффективности производства, поскольку контроль за производственными процессами на предприятиях усиливается, при этом уделяется внимание качеству продукта, производительности оборудования, воздействию на окружающую среду, контролю выбросов и производственным затратам [7,8].

Из этого следует, что немаловажным фактором при производстве кормов для сельскохозяйственных животных является технология их производства. Существуют различные технологические подходы в производстве кормов, наиболее популярным в настоящее время является технология гранулирования и экструдирования. Преимущество данных технологий состоит в том, что экструдированные и гранулированные корма имеют более продолжительный срок хранения по сравнению с рассыпными смешанными кормами. Также утверждается, что гранулированный корм не теряет пищевую ценность и сохраняет питательные вещества в процессе хранения [9].

Целью данной работы является сравнительная оценка влияния технологии экструдирования и гранулирования на показатели качества и безопасности кормов на примере производства белково-минеральной кормовой добавки.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проводились на базе учебно-исследовательских лабораторий КемГУ. Объектом исследования являлась зерносмесь, состоящая из пшеницы, овса, ячменя, жмыха подсолнечника, концентрата соединительнотканых белков, преципитата (дикальций фосфат). Для проведения процесса гранулирования использовался гранулятор с плоской горизонтальной матрицей. Опытным образцом служили корма, выработанные с применением технологии экструдирования и гранулирования; за контрольный образец был взят смешанный корм без технологической обработки.

Органолептические показатели готовых кормовых добавок определяли по следующим показателям: внешний вид; наличие признаков заплесневения, слежавшихся плотных комков; цвет; вкус; запах. Физико-химические показатели готовых кормов определяли по следующим показателям: массовая доля влаги, %, по ГОСТ Р 54951-2012; массовая доля нерастворимых веществ в воде, %, по ГОСТ 32045-2012; содержание металломагнитной примеси, мг/кг (частиц размером до 2 мм включительно, частиц размером свыше 2 мм и с острыми краями) по ГОСТ 31484-2012; минеральные примеси по ГОСТ 25555.3.

Показатели безопасности готовых кормов: содержание токсичных элементов, мг/кг (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) по ГОСТ 31674-2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Микробиологические показатели: общая микробная обсемененность, КОЕ в 1 г.; сальмонеллы, КОЕ в 1 г.; кишечная палочка, E.coli/1г.по ГОСТ ISO 7218-20. Исследование микробиологических показателей проводилось в НИИ Биотехнологии Кемеровского государственного университета.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Текущие рекомендации по кормлению сельскохозяйственных животных включают общую концентрацию питательных веществ в рационе. Поскольку их концентрация в кормах растительного происхождения и биодоступность могут широко меняться и часто недостаточно эффективны для удовлетворения потребностей животных, то является необходимостью в их обогащении дополнительными веществами. Современными учеными разрабатываются подходы в обогащении кормов белковыми компонентами. В связи с чем, на первом этапе исследований, по нормам кормления молодняка кроликов была разработана рецептура белково-минеральной кормовой добавки [10]. В таблице 1 представлена рецептура белково-минеральной кормовой добавки на объем 100 кг.

Таблица 1 – Рецептура белково-минеральной кормовой добавки на объем 100 кг

| Компоненты кормовой добавки           | Фактическое содержание, кг |
|---------------------------------------|----------------------------|
| Пшеница                               | 25,0                       |
| Овес                                  | 20,0                       |
| Ячмень                                | 30,0                       |
| Жмых подсолнечника                    | 13,0                       |
| Концентрат соединительнотканых белков | 8,0                        |
| Преципитат (дикальция фосфат)         | 4,0                        |

На следующем этапе проводили подбор технических параметров проведения процесса экструдирования и гранулирования используемых компонентов.

При использовании белковых компонентов необходимо обеспечить надлежащие температурные режимы проведения процесса, так как при продолжительной обработке при высоких температурах, свыше 100° С, белковые компоненты мо-

гут терять свои свойства за счет разрушения внутрибелковой матрицы. Таким образом, в процессе исследований были подобраны технологические параметры проведения процесса гранулирования, представленные на рисунке. Технология получения кормовых добавок состоит в следующем: основное сырье и сопутствующие компоненты подвергаются дроблению. Далее все компоненты дозируются по рецептуре и смешиваются. По-



сле чего все компоненты попадают в экструдер, где мгновенно экструдуются при температуре 180° С. Мгновенная экструзия позволяет обеспечить безопасность используемых компонентов за счет мгновенной обработки высокой температурой. После экструдирования компоненты добавки с сопутствующими веществами поступают на

гранулирование при температуре 50-60° С. Далее гранулы подвергаются первому охлаждению до температуры 30° С, затем поступают в охладитель, где мгновенно охлаждаются диоксидом углерода до температуры 20-25° С. Далее гранулированные кормовые добавки поступают в сушилку, где сушатся до влажности 5-10 %.



Рис. – Схема производства белково-минеральных кормовых добавок  
Fig – Scheme of production of protein and mineral feed additives

После проведения процесса гранулирования проводили анализ сравнительных характеристик смешанного корма и гранулированного корма по следующим параметрам: органолептические показатели, физико-химические показатели и показатели безопасности исследуемых кормов.

Полученные гранулы имели правильную цилиндрическую форму с глянцевой поверхностью, посторонних примесей в полученной партии не наблюдалось. Размер гранул до 50 мм, диаметр – 3,6 мм, хорошо растворимы в воде, рН=5,0-6,0,

плотность – 1,2 кг/л. Цвет гранул соответствовал входящим в корм компонентам – от серого до светло-коричневого. У контрольного образца наблюдалось неравномерное распределение используемых компонентов по всей массе корма, что связано с технологической особенностью.

Далее изучали основные физико-химические показатели смешанных и гранулированных кормов. В таблице 2 представлены физико-химические показатели смешанных и гранулированных кормов.

Таблица 2 – Физико-химические показатели смешанных и гранулированных кормов

| Показатель                                    | Содержание в смешанном корме | Содержание в гранулированном корме |
|---|------------------------------|------------------------------------|
| Массовая доля влаги, %                        | 15,6                         | 8,8                                |
| Массовая доля нерастворимых веществ в воде, % | 0,4                          | 0,5                                |
| Массовая доля протеина, %                     | 20,1                         | 21,5                               |
| Массовая доля клетчатки, %                    | 14,1                         | 14,05                              |
| Массовая доля фосфора, %                      | 0,4                          | 0,8                                |
| Массовая доля кальция, %                      | 1,3                          | 1,9                                |



|  |               |               |
|--|---------------|---------------|
| Содержание металломагнитной примеси, мг/кг (частиц размером до 2 мм включительно, частиц размером свыше 2 мм и с острыми краями) | не обнаружено | не обнаружено |
|--|---------------|---------------|

По представленным результатам определения основных физико-химических показателей смешанных и гранулированных кормов можно сделать заключение, что два исследуемых образца корма имеют незначительные отличия по содержанию исследуемых показателей. Главным выявленным отличительным показателем является массовая доля влаги в гранулированном корме, которая составляет 8,8 %, что на 6,8 % ниже по сравнению с исследуемым показателем смешанного корма. Известно, что массовая доля влаги в продуктах напрямую влияет на сроки их хранения, в связи с чем можно предположить, что гранулированные корма будут иметь значительно более продолжительный срок хранения.

Основные различия приходятся также на показатели массовой доли протеина, фосфора и кальция – в гранулированном корме они превосходят аналогичные показатели в смешанном корме. Данные расхождения можно обосновать технологическими приемами по равномерному смешиванию

и распределению используемых добавок в виде концентрата соединительнотканых белков и преципитата в основной массе зерносмеси и жмыха подсолнечника. При этом видно, что технологические режимы экструдирования и гранулирования отрицательно не повлияли на массовую долю исследуемых веществ.

Далее проводили исследования по определению показателей безопасности смешанных и гранулированных кормов. Из исследования основных показателей безопасности выявлено, что в кормах не было обнаружено свинца, кадмия, ртути и мышьяка. Можно заключить, что исследуемые корма полностью соответствуют требованиям нормативной документации по указанным показателям безопасности.

На следующем этапе исследований проводили оценку влияния предлагаемых технологий кормопроизводства на микробиологические показатели кормов в процессе хранения на 20-е сутки после выработки (табл. 3).

Таблица 3 – Микробиологические показатели полученных кормов

| Показатель                                 | Содержание в смешанном корме | Содержание в гранулированном корме |
|--|------------------------------|------------------------------------|
| Общая микробная обсемененность, КОЕ в 1 г. | 3 x 10 <sup>4</sup>          | 1 x 10 <sup>2</sup>                |
| Сальмонеллы, КОЕ в 1 г.                    | Не обнаружены                | Не обнаружены                      |
| Кишечная палочка, <i>E. coli</i> /1г.      | Не обнаружены                | Не обнаружены                      |

По изученным микробиологическим показателям исследуемые корма соответствовали предъявляемым требованиям, однако в смешанном корме отмечено большее содержание общей микробной обсемененности по сравнению с данным показателем в гранулированном корме. Это можно объяснить тем, что в процессе экструзии и гранулирования на стадии прессования при мгновенной обработке компонентов корма повышенными температурами происходила стерилизация компонентов, что повлияло на менее продуктивное развитие показателя микробной обсемененности.

#### Заключение

Исходя из проведенных исследований по оценке влияния технологии экструдирования и гранулирования на показатели качества и безопасности белково-минеральной кормовой добавки, можно сделать вывод о том, что предлагаемые технологические режимы обработки кормов не влияют на снижение показателей массовой доли протеина, фосфора и кальция. При этом отмечено снижен-

ное содержание массовой доли влаги в кормах, которое составляло 8,8 %. Предлагаемая технология позволит снизить продуктивное развитие микробной обсемененности в гранулированном корме, что способствует продлению срока хранения кормов.

#### Список источников

1. Лабораторный контроль безопасности кормов в Российской Федерации / В. Белоусов, А. Варенцова, А. Грудев, С. Базарбаев // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2020. – № 11. – С. 61-65. – EDN WKTDQA.
2. Пояркова, Т. В. Мониторинг безопасности пищевой продукции при осуществлении государственного ветеринарного контроля (надзора) / Т. В. Пояркова, Д. В. Заходнова, И. И. Шершнева // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2022. – № 4. – С. 27-31. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2022.4.27. – EDN GWBAJI.
3. Даньшина, Е. В. Факторы внешней среды и их влияние на пути контаминации мяса микро-



организмами / Е. В. Даньшина, С. С. Нетычук, П. А. Попов // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2022. – № 1(41). – С. 17-25. – DOI 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202201002. – EDN QJUEWC.

4. Куртсеитова, Э.Э. Загрязнение продуктов питания контаминантами микробного происхождения: современные вызовы / Э.Э. Куртсеитова // Человек-Природа-Общество: Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. – 2019. – № 5(12). – С. 34-39. – EDN WLXEVI.

5. Куликова, Е. Г. Безопасность и качество пищевых продуктов, продовольственного сырья и кормов в условиях интенсивных технологий производства / Е. Г. Куликова, Ю. В. Блинохватова // Сурский вестник. – 2021. – № 1(13). – С. 15-18. – DOI 10.36461/2619-1202\_2021\_13\_01\_003. – EDN TACJMK.

6. Суздальцева, М. А. Комплексная оценка показателей питательности и безопасности кормового сырья и кормов для сельскохозяйственных животных, и птиц / М. А. Суздальцева, Д. В. Моденов,

А. В. Лысов // БИО. – 2019. – № 9(228). – С. 12-15. – EDN QOOKOP.

7. Soder K. J. et al. Evaluation of fodder production systems for organic dairy farms //The Professional Animal Scientist. – 2018. – Т. 34. – №. 1. – С. 75-83.

8. Попов, В. Д. Экология сельхозпроизводства: проблемы и решения / В. Д. Попов, Д. А. Максимов, А. Ю. Брюханов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. – № 3. – С. 43-48. – EDN WAIJRX.

9. Extrusion-spheronization a promising pelletization technique: In-depth review / S. Muley, T. Nandgude, S. Poddar // Asian Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2016. – Vol. 6 (11). – P. 684–699.

10. Effect of Phytobiotic fodder additives based on Water-Ethanol extract of Echinacea Purpurea on the qualitative characteristics of rabbit meat / S. N. Rassolov, M. G. Kurbanova, R. A. Voroshilin, E. V. Ulrikh // Journal of Advanced Pharmacy Education and Research. – 2019. – Vol. 9, No. 3. – P. 23-27. – EDN PMLVQY.

#### Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### References

1. *Laboratornyy kontrol' bezopasnosti kormov v Rossiyskoy Federatsii* / V. Belo-usov, A. Varentsova, A. Grudev, S. Bazarbayev // *Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivot-nykh*. – 2020. – № 11. – S. 61-65. – EDN WKTDAQ.

2. *Poyarkova, T. V. Monitoring bezopasnosti pishchevoy produktsii pri osushchestvlenii gosudarstvennogo veterinarnogo kontrolya (nadzora)* / T. V. Poyarkova, D. V. Zakhodno-va, I. I. Shershneva // *Normativno-pravovoye regulirovaniye v veterinarii*. – 2022. – № 4. – S. 27-31. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2022.4.27. – EDN GWBAJI.

3. *Dan'shina, Ye. V. Faktory vneshney sredy i ikh vliyaniye na puti kontaminatsii mya-sa mikroorganizmami* / Ye. V. Dan'shina, S. S. Netychuk, P. A. Popov // *Rossiyskiy zhurnal Problemy veterinarnoy sanitarii, gigiyeny i ekologii*. – 2022. – № 1(41). – S. 17-25. – DOI 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202201002. – EDN QJUEWC.

4. *Kurtseitova, E.E. Zagryazneniye produktov pitaniya kontaminantami mikrobnogo proiskhozhdeniya: sovremennyye vyzovy* / E.E. Kurtseitova // *Chelovek-Priroda-Obshchestvo: Teoriya i praktika bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti, ekologii i valeologii*. – 2019. – № 5(12). – S. 34-39. – EDN WLXEVI.

5. *Kulikova, Ye. G. Bezopasnost' i kachestvo pishchevykh produktov, prodovol'stvennogo syr'ya i kormov v usloviyakh intensivnykh tekhnologiy proizvodstva* / Ye. G. Kulikova, YU. V. Blinokhvatova // *Surskiy vestnik*. – 2021. – № 1(13). – S. 15-18. – DOI 10.36461/2619-1202\_2021\_13\_01\_003. – EDN TACJMK.

6. *Suzdal'tseva, M. A. Kompleksnaya otsenka pokazateley pitatel'nosti i bezopasno-sti kormovogo syr'ya i kormov dlya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh, i ptits* / M. A. Suzdal'tseva, D. V. Modenov, A. V. Lysov // *BIO*. – 2019. – № 9(228). – S. 12-15. – EDN QOOKOP.

7. Soder K. J. et al. Evaluation of fodder production systems for organic dairy farms //The Professional Animal Scientist. – 2018. – Т. 34. – №. 1. – С. 75-83.

8. *Popov, V. D. Ekologiya sel'khozproduktstva: problemy i resheniya* / V. D. Popov, D. A. Maksimov, A. YU. Bryukhanov // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. – 2016. – № 3. – S. 43-48. – EDN WAIJRX.

9. Extrusion-spheronization a promising pelletization technique: In-depth review / S. Muley, T. Nandgude, S. Poddar // Asian Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2016. – Vol. 6 (11). – P. 684–699.

10. Effect of Phytobiotic fodder additives based on Water-Ethanol extract of Echinacea Purpurea on the qualitative characteristics of rabbit meat / S. N. Rassolov, M. G. Kurbanova, R. A. Voroshilin, E. V. Ulrikh // Journal of Advanced Pharmacy Education and Research. – 2019. – Vol. 9, No. 3. – P. 23-27. – EDN PMLVQY.

#### Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.





### **Информация об авторах**

**Гринюк Алексей Николаевич**, ассистент кафедры техносферной безопасности, Кемеровский государственный университет, [jettastream@inbox.ru](mailto:jettastream@inbox.ru)

**Неверов Евгений Николаевич**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой техносферной безопасности, Кемеровский государственный университет, [neverov42@mail.ru](mailto:neverov42@mail.ru)

**Ворошилин Роман Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, Кемеровский государственный университет, [rom.vr.22@mail.ru](mailto:rom.vr.22@mail.ru)

**Тимощук Ирина Вадимовна**, д-р техн. наук, профессор кафедры техносферной безопасности, Кемеровский государственный университет, [irina\\_190978@mail.ru](mailto:irina_190978@mail.ru)

### **Author Information**

**Grinyuk Aleksey N.**, Assistant of the Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, [jettastream@inbox.ru](mailto:jettastream@inbox.ru)

**Neverov Evgeny N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, [neverov42@mail.ru](mailto:neverov42@mail.ru)

**Voroshilin Roman A.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Food of Animal Origin, Kemerovo State University, [rom.vr.22@mail.ru](mailto:rom.vr.22@mail.ru)

**Tymoshchuk Irina V.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, [irina\\_190978@mail.ru](mailto:irina_190978@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 12.12.2023; одобрена после рецензирования 01.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 12.12.2023; approved after reviewing 01.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.





# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №1, с.87-94  
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №1, pp. 87-94

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 631.316.22  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.45.52.012

## АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТЬЮ КРЕПЛЕНИЯ РАБОЧИХ СЕКЦИЙ ЧИЗЕЛЬНО-ДИСКОВОГО ОРУДИЯ

Данияр Саматович Губайдулин <sup>1</sup>, Дмитрий Сергеевич Гапич <sup>2</sup>✉,  
Вадим Андреевич Моторин <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия

<sup>1,2</sup> Gds-08@mail.ru

<sup>3</sup> vmotorin001@yandex.ru

### Аннотация.

**Проблема и цель.** Рабочие секции почвообрабатывающих орудий, нагружаясь в процессе работы переменным сопротивлением почвы, совершают вынужденные колебания. Это влияет на характер протекания процесса разрушения почвы, что приводит к снижению тягового сопротивления почвообрабатывающего орудия. Цель исследования – изучить возможности активации рабочих секций почвообрабатывающих орудий, имеющих в конструкции крепления упругую связь.

**Методология.** Методы исследования базируются на анализе конструкторских особенностей крепления рабочих секций чизельно-дискового агрегата к раме. Теоретические методы исследования базируются на применении основ теории автоматического управления техническими системами. Для работы предлагаемой адаптивной системы необходимо выполнить следующие этапы. 1. Тензометрирование секции чизеля. Штатная конструкция чизельной секции комплектуется датчиком ускорения (акселерометром), позволяющим в процессе работы фиксировать значения ускорения секции в продольном горизонтальном направлении. 2. Установка узла манометра с гидравлическим краном, оборудованным системой сервопривода. Используется штатный узел, в конструкцию которого добавлен сервопривод типа Ya-AVO01. 3. Установка системы управления, состоящей из блока питания, микроконтроллера типа ESP8266.

**Результаты.** На основании анализа гидравлической схемы управления рабочими секциями чизельно-дискового агрегата предложена адаптивная система управления жесткостью крепления рабочих секций к раме орудия, включающая в себя: блок питания; микроконтроллер типа ESP8266; узел манометра с гидравлическим краном, оборудованным системой сервопривода типа Ya-AVO01E; секцию чизеля, оборудованную датчиком ускорения (акселерометром). Предлагаемая система позволяет проводить автоматическую настройку рабочих секций ЧДА на резонансный режим работы и поддерживать данный режим при изменяющихся физико-механических характеристиках почвенного фона.

**Заключение.** Предлагаемая система позволяет проводить автоматическую настройку рабочих секций ЧДА на резонансный режим работы и поддерживать данный режим при изменяющихся физико-механических характеристиках почвенного фона.

**Ключевые слова:** чизельно-дисковый агрегат, рабочая секция чизельного плуга, резонансный режим работы чизельной секции, тяговое сопротивление чизельной секции

**Для цитирования:** Губайдулин Д.С., Гапич Д.С., Моторин В.А. Адаптивная система управления жесткостью крепления рабочих секций чизельно-дискового орудия // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024.Т.16, № 1 С. 87-94 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.45.52.012>

Original article

## ADAPTIVE RIGIDITY CONTROL SYSTEM FOR FIXING WORKING SECTIONS CHISEL DISK TOOL

© Губайдулин Д.С., Гапич Д.С., Моторин В.А., 2024 г.



Daniyar S. Gubaidulin <sup>1</sup>, Dmitry S. Gapich <sup>2</sup>✉, Vadim A. Motorin <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Volgograd State Agrarian University, Volgograd

<sup>1,2</sup> Gds-08@mail.ru

<sup>3</sup> vmotorin001@yandex.ru

### Annotation.

**The problem and purpose.** The working sections of tillage implements, loaded with variable soil resistance during operation, make forced fluctuations. This affects the nature of the process of soil destruction, which leads to a decrease in the traction resistance of the tillage tool. The purpose of the study is to study the possibilities of activating the working sections of tillage tools that have an elastic connection in the fastening structure.

**Methodology.** The research methods are based on the analysis of the design features of fastening the working sections of the chisel-disk unit to the frame. Theoretical research methods are based on the application of the fundamentals of the theory of automatic control of technical systems.

For the proposed adaptive system to work, the following steps must be performed. 1. Tensometry of the chisel section. The standard design of the chisel section is equipped with an acceleration sensor (accelerometer), which allows you to record the acceleration values of the section in the longitudinal horizontal direction during operation. 2. Installation of a pressure gauge assembly with a hydraulic crane equipped with a servo system. A standard node is used, in the design of which a Ya-AVO01. 3 type servo is added. Installation of a control system consisting of a power supply unit, an ESP8266 type microcontroller, Figure 4.

**Results.** Based on the analysis of the hydraulic control scheme of the working sections of the chisel-disk unit, an adaptive control system for the rigidity of fastening the working sections to the gun frame is proposed, including: a power supply unit, an ESP8266 microcontroller, a pressure gauge assembly with a hydraulic crane equipped with a Ya-AVO01 servo system, a chisel section equipped with an acceleration sensor (accelerometer). The proposed system allows automatic adjustment of the working sections of the BDA to the resonant mode of operation, and to maintain this mode with changing physical and mechanical characteristics of the soil background.

**Conclusion.** The proposed system allows automatic adjustment of the working sections of the BDA to the resonant mode of operation, and to maintain this mode with changing physical and mechanical characteristics of the soil background.

**Key words:** chisel-disk unit, working section of chisel plow, resonant mode of operation of chisel section, traction resistance of chisel section

**For citation:** Gubaidulin D.S., Gapich D.S., Motorin V.A. Adaptive Rigidity Control system for fixing working sections of chisel-disc tool// Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 1, P. 87-94 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.45.52.012>

### Введение

Одним из направлений снижения энергоёмкости технологических процессов обработки почвы принято считать использование почвообрабатывающих орудий, рабочие органы которых способны оказывать вибрационное или импульсное воздействие на обрабатываемый материал. Такие орудия, концентрируя энергию деформации связи, воздействуют на пласт почвы с ускорением, способным вызывать снижение одной из прочностных характеристик почвы, а именно – тангенсного угла внутреннего трения почвы [1,2,3].

Вибрация рабочих органов, в зависимости от типа обрабатываемой почвы, может достигаться либо за счет применения внешних источников вибрации [4-7], либо за счет применения динамических особенностей разрушения почвенного пласта. Использование второго способа, с конструкторской точки зрения, проще и эффективнее за счет отсутствия энергетических затрат на привод, хотя область применения данного способа ограничена структурным составом почвенного фона, т.е. процентным содержанием песка и глины в его составе [8]. При этом конструкция секции почвообрабатывающего орудия должна соответствовать следующим критериям: наличие колебательного контура; секция способна совершать периоди-

ческие колебания, возбуждаемые поступлением энергии от неколебательного источника, при этом количество энергии регулируется движением самой системы; наличие обратной связи между источником энергии и рассматриваемым колебательным контуром.

Такие рабочие секции, нагружаясь в процессе работы переменным сопротивлением почвы, совершают вынужденные колебания. Это влияет на характер протекания процесса разрушения почвы, что приводит к снижению тягового сопротивления почвообрабатывающего орудия [9].

Конструкции современных почвообрабатывающих машин имеют в своем составе, как правило, упруго закрепленные рабочие секции. Такое крепление рабочих органов рассматривается как предохранительный или защитный элемент от резких изменений тягового сопротивления, вызываемых наездом рабочего органа на случайные препятствия, располагаемые в почвенном слое. Формально такие конструкции способны совершать вынужденные колебания. Реализация такой задачи возможна в случае появления резонанса в системе «рабочая секция - обрабатываемый материал». Появление резонанса достигается смещением собственной частоты колебательного контура в область господствующих частот спек-



тра тягового сопротивления. Данное условие, как правило, принимается за критериальное условие оптимизации жесткости упругой связи колебательного контура [10].

Изучение возможности активации рабочих секций почвообрабатывающих орудий, имеющих в конструкции крепления упругую связь, является актуальной задачей.

Объектом исследования является конструкция чизельно-дискового агрегата, рабочие секции которого снабжены гидравлической защитой от случайных перегрузок.

#### Методика исследований

Исследования проводились в 2023 году на почвах черноземного типа, а именно чернозем южном в Михайловском районе Волгоградской области.

Методика исследования базируется на анализе конструкторских особенностей крепления рабочих секций чизельно-дискового агрегата к раме. Теоретические методы исследования базируются на применении основ теории автоматического управления техническими системами.

Комбинированный чизельно-дисковый агрегат (ЧДА) представляет собой универсальную машину, сочетающую в себе возможности дисковой бороны, культиватора для основной обработки почвы и глубокорыхлителя. Агрегат оборудован четырьмя рядами чизельных стоек, которые можно дополнить крыльями для сплошного подрезания. Таким способом можно проводить основную обработку почвы на глубину до 20 см. Рыхление на большую глубину (более 20 см.) проводят без крыльев, используя только долотообразные рабочие органы.

Агрегат может быть оснащен двумя видами долотообразных рабочих органов шириной 80 мм либо 50 мм. Узкое долото оказывает меньшее сопротивление и используется тогда, когда тягового усилия трактора недостаточно для нормальной работы. Залежные земли и земли с повышенной твердостью рекомендуется обрабатывать за несколько проходов, постепенно увеличивая глубину обработки до необходимой.

#### Результаты исследований

Агрегат может быть использован для выполнения следующих работ: рыхления верхнего слоя почвы; выравнивания поверхности поля после пахоты; уничтожения сорняков; заделки семян и удобрений; луцнения стерни; основной обработки почвы на глубину до 20 см. при оснащении крыльями для сплошного подрезания; безотвального рыхления почвы на глубину до 30 см. с помощью долотообразных рабочих органов [11,12].

В рассматриваемой конструкции впервые, применена система гидравлической защиты рабочих секций от перегрузки. В состав гидравлической системы входят: гидравлические рукава с соединительными муфтами, выполненными в виде тройников; узел манометра; гидроаккумуляторы; гидравлические цилиндры, установленные на каждую рабочую секцию ЧДА. В гидравлической защите рабочих секций предусмотрена регулировка усилия срабатывания гидроцилиндра в зависимости от типа почвы и условий работы. Регулировка осуществляется за счет изменения давления в гидравлическом контуре [13]. Общий вид гидравлической защиты секций и её гидравлическая схема приведены на рисунках 2,3.

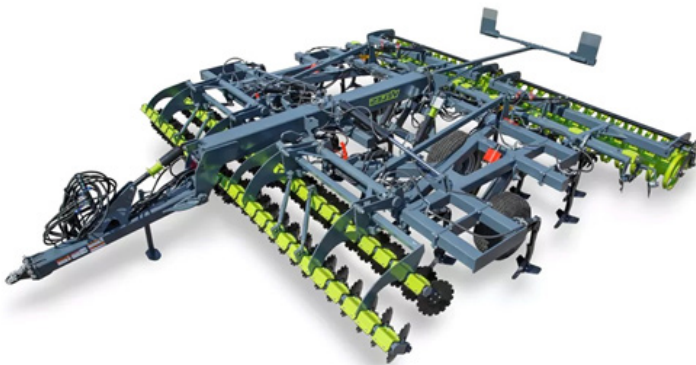


Рис. 1 – Общий вид комбинированного чизельно-дискового агрегата (ЧДА).

Fig. 1 – General view of the combined chisel-disk unit (BDA).



Рис. 2 – Общий вид гидравлической защиты рабочих секций ЧДА -7

Fig. 2 – A general view of the hydraulic protection of the working sections of the BDA -7



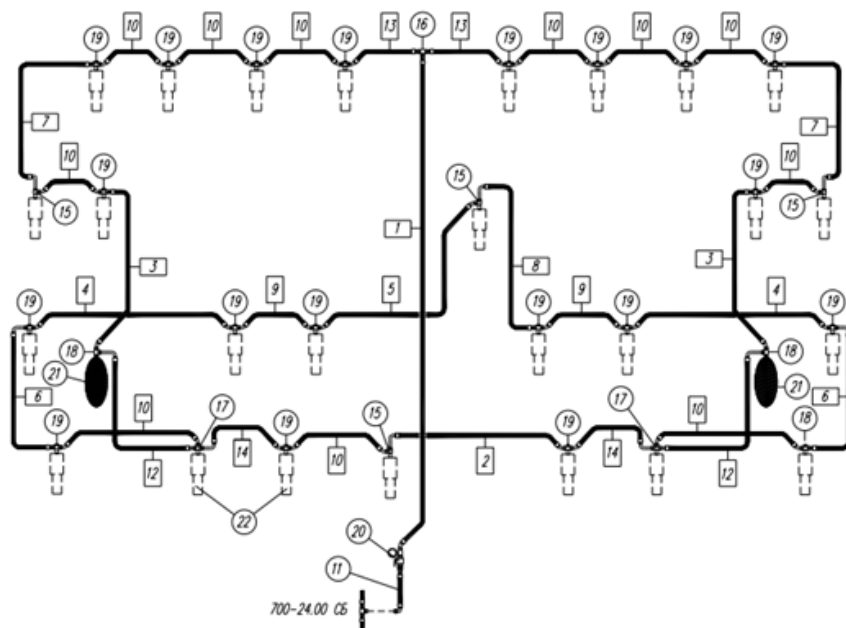


Рис. 3 – Гидравлическая схема защиты чизельных стоек ЧДА -7

1-14 – рукав гидравлический;  
15-16, 18-19 – тройник; 20 – узел манометра; 21 – гидроаккумулятор; 22 – гидроцилиндр

Fig. 3 – Hydraulic protection scheme of chisel racks BDA-7

1-14 – hydraulic sleeve;  
15-16, 18-19 – tee;  
20 – pressure gauge assembly;  
21 – accumulator;  
22 – hydraulic cylinder

Представленная гидравлическая схема защиты стоек является частью гидравлического контура складывания боковых секций и привода подъема катков ЧДА-7. Общая гидравлическая схема всего агрегата приведена на рисунке 4.

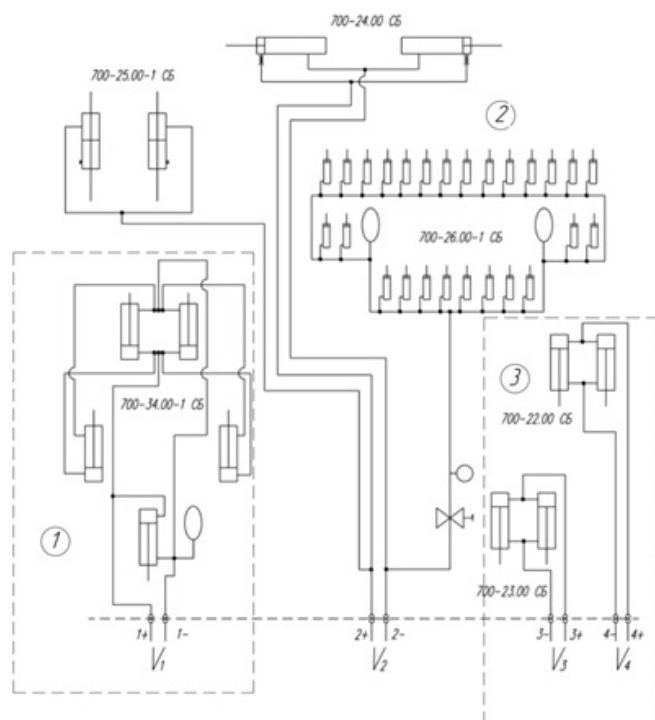


Рис. 4 – Гидравлическая схема сцепления с трактором ЧДА-7

Блок 1 – гидравлическая схема привода подъема рамы; блок 2 – гидравлическая схема привода подъема катков, складывания секций и гидравлической защиты стоек; блок 3- гидравлическая схема привода выравнивающих и передних дисков.

Fig. 4 – Hydraulic coupling scheme with the tractor CHDA-7

Block 1– hydraulic scheme of the frame lifting drive; block 2 – hydraulic drive scheme for lifting rollers, folding sections and hydraulic protection of racks; block 3- hydraulic drive scheme of the leveling and front discs

Гидравлическая система защиты рабочих секций работает следующим образом. При агрегатировании чизельно-дискового агрегата с трактором его гидравлическая система при помощи гидро-разрывных муфт подключается к гидравлической системе трактора. При переводе ЧДА в рабочее положение путем открытия крана 20, установленного перед манометром, создается рабочее давление в контуре гидравлической системы защиты стоек (80-100 бар). Данный диапазон давления в контуре обеспечивает жесткость стоек чизеля, соответствующую жесткому креплению стойки к

раме орудия в рамках режима нагружения, в соответствии с заданной технологической операцией. В случае наезда рабочей секции на препятствие в виде каменных включений происходит прирост силы сопротивления, действующей на рабочую секцию. Величина этого прироста создает дополнительное усилие на шток гидроцилиндра, соединяющего стойку секции с рамой орудия, под действием которого происходит перемещение доли рабочей жидкости контура в рабочую полость гидроаккумулятора, что позволяет осуществить поворот секции относительно точки подвеса. При



прохождении препятствия снижается сила сопротивления секции и гидроаккумулятор выбрасывает запасённую рабочую жидкость в магистраль, компенсируя её потери и восстанавливая функциональность гидравлической системы.

Таким образом, мы имеем почвообрабатывающий агрегат, в конструкцию которого заводом-изготовителем уже заложена упругая связь между рабочей секцией и рамой. Следовательно, при определенных условиях работы секции способны совершать вынужденные колебания под действием внешней возмущающей силы в виде тягового сопротивления. При этом наибольшие амплитуды колебаний рабочих секций будут наблюдаться при возникновении резонанса в системе «рабочие секции - почва».

Настройка системы на такой режим работы – процесс достаточно трудоемкий, он состоит из следующих этапов:

- 1) расчет собственной частоты рассматриваемой системы по известным геометрическим параметрам отдельных звеньев;
- 2) установление аналитической зависимости между давлением в гидравлическом контуре и частотой собственных колебаний отдельных рабочих секций;
- 3) получение поисковых экспериментальных осциллограмм тягового сопротивления секции ЧДА;
- 4) статистическая обработка полученных осциллограмм, получение частотного спектра возмущающей силы;
- 5) определение господствующей частоты возмущающей силы по полученному спектру;
- 6) расчет величины давления в гидравлическом контуре из условия появления резонанса в системе;
- 7) ручное выставление расчетной величины давления в гидравлическом контуре.

К недостаткам данного алгоритма настройки следует отнести:

- 1) трудоемкость наполнения используемых математических моделей реальными значениями упругих и диссипативных характеристик отдельных звеньев;
- 2) наличие результатов поисковых экспериментов тягового сопротивления секций для каждого почвенного фона и режимов работы машинно-тракторного агрегата;
- 3) трудоемкость статистической обработки экспериментальных данных в реальный момент времени;
- 4) ручная регулировка величины давления в гидравлическом контуре;
- 5) неустойчивость процесса получаемых вынужденных колебаний рабочей секции ввиду изменяющихся физико-механических характеристик обрабатываемого материала, резко снижающая эффективность применения вибрации.

Исходя из перечисленного, предлагается рассматриваемую конструкцию дополнить адаптивной системой регулировки давления в гидравлическом контуре, позволяющей автоматически настраивать рабочие секции на режим резонанса.

Предлагаемая адаптивная система включает в себя следующие основные блоки (рис. 5).

1. Тензометрическая секция чизеля. Штатная конструкция чизельной секции комплектуется датчиком ускорения (акселерометром), позволяющим в процессе работы фиксировать значения ускорения секции в продольном горизонтальном направлении.

2. Узел манометра с гидравлическим краном, оборудованным системой сервопривода. Используется штатный узел, в конструкцию которого добавлен сервопривод типа Ya-AVO01.

3. Собственно система управления, состоящая из блока питания, микроконтроллера типа ESP8266.

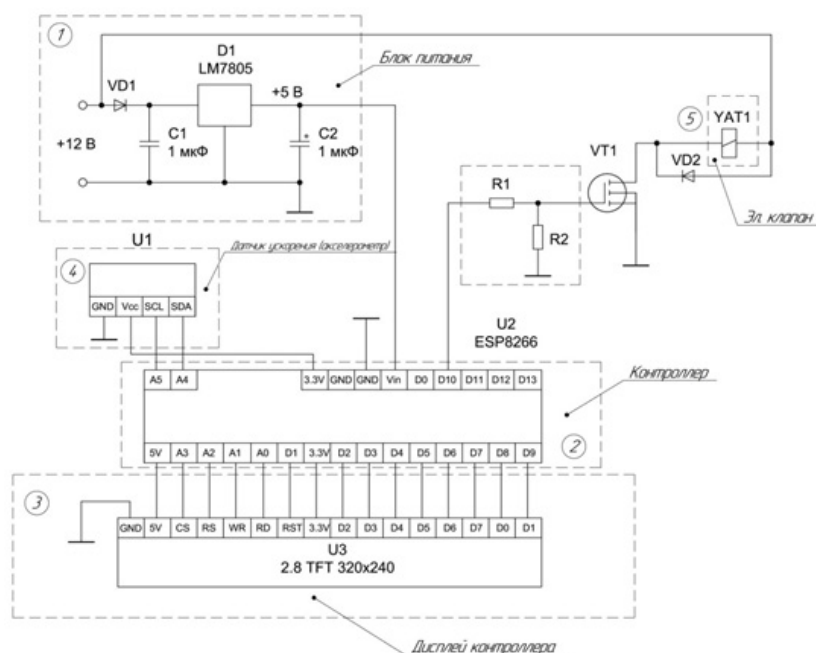


Рис. 5 – Схема адаптивной системы управления жесткостью рабочих секций ЧДА-7.  
Fig. 5 – Diagram of the adaptive stiffness control system of the working sections of the BDA-7.



Предлагаемая адаптивная система работает следующим образом. При переводе ЧДА в рабочее положение путем открытия крана 20, установленного перед манометром, создается рабочее давление в контуре гидравлической системы защиты стоек (80-100 бар). В начале движения по поверхности поля контроллер считывает сигнал, поступающий с датчика ускорения стойки. Если величина сигнала не соответствует заданной полосе значений ускорения рабочей секции, контроллер подает кратковременный сигнал на сервопривод гидравлического крана 20, что приводит к повороту запорного шара крана на расчетный угол. Открытое положение крана 20 позволяет осуществить сброс рабочей жидкости в контуре защиты стоек в контур складывания секций, и тем самым

уменьшить рабочее давление в контуре защиты стоек. Следующий сигнал контроллер подает на закрытие крана. Время между двумя сигналами, а также величина угла поворота запорного шара оптимизируются таким образом, чтобы за один цикл «открытия-закрытия» крана давление в контуре защиты снизилось на 5 бар. При новом значении величины давления в контуре защиты происходит новая регистрация сигнала с датчика ускорения контроллером. Данный алгоритм будет продолжаться до тех пор, пока уровень сигнала с датчика ускорения не будет соответствовать заданной расчетной величине.

Структурную схему управления предложенной адаптивной системы можно представить согласно рисунку 6.

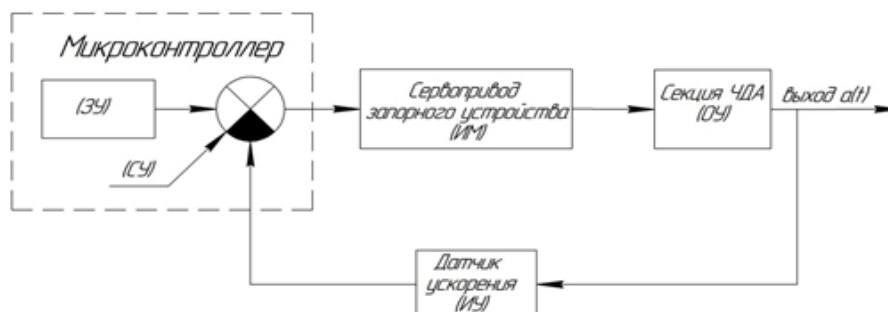


Рис. 6 – Структурная схема адаптивной системы управления жесткостью крепления рабочих секций ЧДА

ЗУ – задающее устройство, СУ – сравнивающее устройство (микроконтроллер); ИМ – исполнительный механизм; ОУ – объект управления; ИУ – измерительное устройство

Fig. 6 – Block diagram of the adaptive rigidity control system for fixing the working sections of the BDA Memory is a master device, SU is a comparing device (microcontroller); IM is an executive mechanism; OU is a control object; IU is a measuring device

Результаты экспериментальных исследований, позволяющие оценить влияние давления в контуре гидравлической защиты секций на величину тягового сопротивления, показаны на рисунке 7. Анализ представленных графических зависимостей показывает, что с уменьшением величины давления в контуре гидравлической защиты секций, в некотором диапазоне, наблюдается снижение величины тягового сопротивления секций. Так, на почвенном фоне «залежь многолетних трав», при изменении величины давления от номинального значения (100 бар) до 60 бар значение тягового сопротивления изменилось от 2,5 до 2,1 кН. На почвенном фоне «дернина» тяговое сопротивление секции изменилось от 2,2 до 1,8 кН при снижении давления от номинального значения до 50 бар. Дальнейшее снижение рабочего давления в контуре гидравлической защиты секций приводит к увеличению тягового сопротивления секций. Данный эффект наблюдается на всех рассматриваемых почвенных фонах. Можно сделать вывод, что значение величины давления, соответствующее минимальным значениям тягового сопротивления, формирует собственную частоту резонансной секции, равной господствующей частоте возмущающего воздействия. Т.е. рассматриваемая механическая система входит в резонансный режим работы. Общее

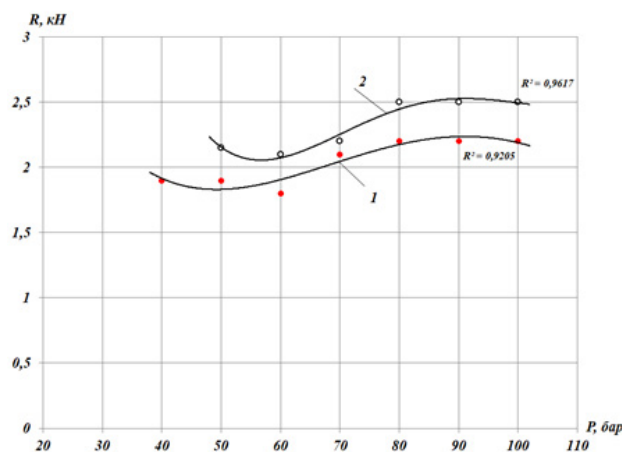


Рис. 7 – Экспериментальные зависимости тягового сопротивления секции чизельно-дискового орудия от величины давления в контуре гидравлической защиты стоек. 1 – почвенный фон «залежь многолетних трав»; 2 – почвенный фон «дернина». Fig. 6 – Experimental dependences of the traction resistance of the chisel-disc gun section on the pressure in the hydraulic protection circuit of the racks. 1 – soil background "a deposit of perennial grasses"; 2 – soil background "turf".



снижение тягового сопротивления секции чизельно-дискового орудия при таком режиме работы составило: на почвенном фоне «залежь многолетних трав» 18,2 %; на почвенном фоне «дернина» – 16 %.

#### Заключение

На основании анализа гидравлической схемы управления рабочими секциями чизельно-дискового агрегата предложена адаптивная система управления жесткостью крепления рабочих секций к раме орудия, включающая в себя: блок питания, микроконтроллер типа ESP8266, узел манометра с гидравлическим краном, оборудованным системой сервопривода типа Ya-AVO01, секцию чизеля, оборудованного датчиком ускорения (акселерометром).

Предлагаемая система позволяет проводить автоматическую настройку рабочих секций ЧДА на резонансный режим работы, и поддерживать данный режим при изменяющихся физико-механических характеристиках почвенного фона.

Общее снижение тягового сопротивления секции чизельно-дискового орудия на резонансном режиме работы составило: на почвенном фоне «залежь многолетних трав» 18,2 %; на почвенном фоне «дернина» – 16 %.

#### Список источников

1. Dzyuba. O. Dzyuba. A. Polyakov. A.. Volokh. V.. Antoshchenkov. R.. Mykhailov. A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35 (Открытый доступ) (2019) Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 3 (1-99). pp. 55-65.
2. Gabitov et al., 2018 Gabitov, I., Mudarisov, S., Gafurov, I., Ableeva, A., Negovora, A., Davletshin, M., Rakhimov, Z., Khamaletdinov, R., Martynov, V., Yukhin, G. / Evaluation of the efficiency of mechanized technological processes of agricultural production // (2018) Journal of Engineering and Applied Sciences, 13 (Specialissue10), pp. 8338-8345.
3. Guerra, A.J.T., M.A. Fullen, M.D.C.O. Jorge, J.F.R. Bezerra and M.S. Shokr, 2017. Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. Pedosphere, 27: 2741. Heckrath, G., U. Halekoh, J. Djurhuus and G. Govers, 2006. The effect of tillage direction on soil redistribution by mouldboard ploughing on complex slopes. Soil Tillage Res., 88: 225-241.
4. Почвообрабатывающее орудие с рабочими органами принудительного вибрационного типа / Косульников Р.А., Гапич Д.С., Фандеев С.Ю. // В сборнике: Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий. Материалы Международной научно-практической конференции, проведенной в рамках Международного научно-практического форума, посвященного 75-летию образования Волгоградского

государственного аграрного университета. 2019. С. 148-153.

5. Tillage implement with vibrating working body / Kosulnikov R.A., Kononov P.V., Gapich D.S., Karsakov A.A. // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2. Сер. "Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture II" 2020. С. 012014.

6. Цепляев А.Н. Снижение тягового сопротивления сельскохозяйственных машин за счет минимализации его колебаний при обработке тяжело-суглинистых почв / Цепляев А.Н., Косульников Р.А., Цепляев В.А., Матасов А.Н., Полторынкин С.С. // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2019. № 2 (90). С. 14-19.

7. Косульников Р.А. Повышение эксплуатационных показателей машинно-тракторного агрегата при динамическом характере нагружения / Косульников Р.А., Гапич Д.С., Карсаков А.А., Коновалов П.В., Назаров Е.А. // Сельский механизатор. 2020. № 12. С. 5-7.

8. Гапич Д.С. Проблемные вопросы повышения энергоэффективности мта с упруго закрепленными рабочими органами / Гапич Д.С., Эвиев В.А., Косульников Р.А., Чумаков С.А. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 312-318.

9. Гапич Д.С. Динамика движения упруго закрепленного рабочего органа культиваторного мта / Гапич Д.С., Фомин С.Д., Ширяева Е.В. // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 10. С. 28-32.

10. Проблемные вопросы повышения энергоэффективности МТА с упруго закрепленными рабочими органами [Почвообрабатывающие агрегаты]. Гапич Д.С., Эвиев В.А., Косульников Р.А., Чумаков С.А. // Изв. Нижневолж. Агроунив. Комплекса. Наука и высш. Проф. Образование. Волгоград.-2018.-н 1(49).-с. 312-318.-рез. Англ.-библиогр.: с.317-318. Шифр 08-10466 Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2019. № 1. С. 239.

11. Чизельно-дисковый агрегат veles -технологичный хозяин полей // Наше сельское хозяйство. 2022. № 13 (285). С. 70-72.

12. Клочков А.В. Возможности применения современных систем обработки почвы / Клочков А.В., Гурко С.М. // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Физико-математические науки. Технические науки. 2013. № 1. С. 166-174.

13. V. A. Motorin, Simulation of the Wear of the Working Bodies of Chisel Plows / V.A. Motorin, D.S. Gapich, I.B. Borisenko, D.B. Kurbanov // Journal of Friction and Wear, 2020, Vol. 41, No. 1, pp. 71–77.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### References

1. Dzyuba. O. Dzyuba. A. Polyakov. A.. Volokh. V.. Antoshchenkov. R.. Mykhailov. A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35 (Открытый доступ) (2019) Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 3 (1-99). pp. 55-65.





2. Gabitov et al., 2018 Gabitov, I., Mudarisov, S., Gafurov, I., Ableeva, A., Negovora, A., Davletshin, M., Rakhimov, Z., Khamaletdinov, R., Martynov, V., Yukhin, G. / Evaluation of the efficiency of mechanized technological processes of agricultural production // (2018) Journal of Engineering and Applied Sciences, 13 (Specialissue10), pp. 8338-8345.
3. Guerra, A.J.T., M.A. Fullen, M.D.C.O. Jorge, J.F.R. Bezerra and M.S. Shokr, 2017. Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. *Pedosphere*, 27: 2741. Heckrath, G., U. Halekoh, J. Djurhuus and G. Govers, 2006. The effect of tillage direction on soil redistribution by mouldboard ploughing on complex slopes. *Soil Tillage Res.*, 88: 225-241.
4. Pochvoobrabatyvayushchee orudie s rabochimi organami prinuditel'nogo vibracionnogo tipa / Kosul'nikov R.A., Gapich D.S., Fandeev S.YU. // V sbornike: Razvitie APK na osnove principov racional'nogo prirodopol'zovaniya i primeneniya konvergentnykh tekhnologij. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, provedennoj v ramkah Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma, posvyashchennogo 75-letiyu obrazovaniya Volgogradskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. S. 148-153.
5. Tillage implement with vibrating working body / Kosul'nikov R.A., Konovalov P.V., Gapich D.S., Karsakov A.A. // V sbornike: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2. Ser. "Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture II" 2020. S. 012014.
6. Ceplyaev A.N. Snizhenie tyagovogo soprotivleniya sel'skohozyajstvennykh mashin za schet minimalizacii ego kolebanij pri obrabotke tyazhelosuglinistykh pochv / Ceplyaev A.N., Kosul'nikov R.A., Ceplyaev V.A., Matasov A.N., Poltorynkin S.S. // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina". 2019. № 2 (90). S. 14-19.
7. Kosul'nikov R.A. Povyshenie ekspluatacionnykh pokazatelej mashinno-traktornogo agregata pri dinamicheskom haraktere nagruzheniya / Kosul'nikov R.A., Gapich D.S., Karsakov A.A., Konovalov P.V., Nazarov E.A. // Sel'skij mekhanizator. 2020. № 12. S. 5-7.
8. Gapich D.S. Problemnye voprosy povysheniya energoeffektivnosti mta s uprugozakreplennymi rabochimi organami / Gapich D.S., Eviev V.A., Kosul'nikov R.A., CHumakov S.A. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). S. 312-318.
9. Gapich D.S. Dinamika dvizheniya uprugozakreplennogo rabocheho organa kul'tivatornogo mta / Gapich D.S., Fomin S.D., SHiryayeva E.V. // Traktory i sel'hozmashiny. 2017. № 10. S. 28-32.
10. Problemnye voprosy povysheniya energoeffektivnosti MTA s uprugozakreplennymi rabochimi organami [Pochvoobrabatyvayushchie agregaty]. Gapich D.S., Eviev V.A., Kosul'nikov R.A., CHumakov S.A. // Izv. Nizhnevolzh. Agrouniv. Kompleksa. Nauka i vyssh. Prof. Obrazovanie. Volgograd.-2018.-n 1(49).-s. 312-318.-rez. Angl.-bibliogr.: s.317-318. SHifr 08-10466 Ekologicheskaya bezopasnost' v APK. Referativnyj zhurnal. 2019. № 1. S. 239.
11. CHizel'no-diskovyy agregat veles -tekhnologichnyj hozyain polej // Nashe sel'skoe hozyajstvo. 2022. № 13 (285). S. 70-72.
12. Klochkov A.V. Vozmozhnosti primeneniya sovremennykh sistem obrabotki pochvy / Klochkov A.V., Gurko S.M. // Vestnik Baranovichskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Fiziko-matematicheskie nauki. Tekhnicheskie nauki. 2013. № 1. S. 166-174.
13. V. A. Motorin, Simulation of the Wear of the Working Bodies of Chisel Plows / V.A. Motorin, D.S. Gapich, I.B. Borisenko, D.B. Kurbanov // Journal of Friction and Wear, 2020, Vol. 41, No. 1, pp. 71-77.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

#### Информация об авторах

**Гапич Дмитрий Сергеевич**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой "Электроснабжение и энергетические системы", Волгоградский государственный аграрный университет, Gds-08@mail.ru

**Губайдулин Данияр Саматович**, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", Волгоградский государственный аграрный университет, Gds-08@mail.ru

**Моторин Вадим Андреевич**, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры "Эксплуатация и технический сервис машин в АПК", vmotorin001@yandex.ru

#### Author Information

**Gapich Dmitry S.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of the Department "Power Supply and Energy Systems" of the Volgograd State Agrarian University, Gds-08@mail.ru

**Gubaidulin Daniyar S.**, postgraduate student of the Department of "Power Supply and Energy Systems" of the Volgograd State Agrarian University, Gds-08@mail.ru

**Motorin Vadim A.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department "Operation and Technical Service of Machines in the Agro-Industrial Complex" Volgograd State Agrarian University, vmotorin001@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 09.12.2023; одобрена после рецензирования 02.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 09.12.2023; approved after reviewing 02.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.



Вестник РГАУ, 2024, т16, №1., с 95-100  
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №1, pp 95-100

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 629.014.7  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.82.94.013

**МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРОЙ МАШИНОТРАКТОРНОГО ПАРКА НА БАЗЕ ДИСКРЕТНЫХ ФОРМ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТО И ТР**

**Отари Назирович Дидманидзе <sup>1</sup>, Мария Юрьевна Карелина <sup>2</sup>✉, Борис Борисович Сидоров <sup>3</sup>.**

<sup>1</sup> РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

<sup>2,3</sup> ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», г. Москва, Россия

<sup>1</sup> didmanidze@rgau-msha.ru

<sup>2</sup> karelinamu@mail.ru

<sup>3</sup> bbs101973@mail.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** В данном исследовании основное внимание было сосредоточено на разработке методики управления возрастной структурой МТП, которая учитывает работоспособность техники и предпочтения пользователей. Для того чтобы анализировать и обновлять данные по обслуживанию и ремонту МТП, применена дискретная математическая модель, формирующая комплексные оценки его надежности. Оценочные показатели строятся на основе показателей эффективности эксплуатации техники. В условиях, когда точность прогнозов осложнена множеством факторов, для выработки оптимальных управленческих решений применяются математические инструменты, специально предназначенные для работы в неопределенных условиях. Исследование привело к созданию новой методики управления МТП, сосредоточенной на учете потребительских качеств техники и направленной на улучшение ее качества, через оптимизацию его возрастного состава.

**Методология.** Для достижения цели проведен всесторонний анализ. В его рамках было изучено, насколько оптимально модель стохастического списания соотносится с условиями активного использования МТП. Также она сопоставлена с моделью, основанной на непрерывных расчетах, и принята во внимание задача с учетом нескольких критериев.

**Результаты.** Анализ подтвердил превосходство дискретной модели списания в контексте регулирования состава машинотракторного парка, особенно при его активном использовании. Этот метод предоставляет возможность более детально анализировать эксплуатационные нагрузки и способствует максимально эффективному распределению доступных ресурсов.

**Заключение.** Таким образом, модель дискретного списания является предпочтительным вариантом управления возрастной структурой МТП в сельском хозяйстве, обеспечивая эффективное его использование при оптимизации процессов эксплуатации.

**Ключевые слова:** коэффициент технического использования, машинотракторный парк, дискретная функция, непрерывная функция, многокритериальная задача

**Для цитирования:** Дидманидзе О.Н., Карелина М.Ю., Сидоров Б.Б., Методика управления возрастной структурой МТП на базе дискретных форм представления показателей ТО и ТР. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №1, С. 95-100 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.82.94.013>

**METHOD OF MANAGING THE AGE STRUCTURE OF THE MACHINE AND TRACTOR FLEET BASED ON DISCRETE FORMS OF REPRESENTATION OF MAINTENANCE AND TRACTOR INDICATORS****Otari N. Didmanidze<sup>1</sup>, Maria Yu. Karelina<sup>2</sup>✉, Boris B. Sidorov<sup>3</sup>**<sup>1</sup> RGAU-MSHA named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia<sup>2,3</sup> Research Institute of State Policy and Sectoral Economic Management of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "State University of Management", Moscow, Russia<sup>1</sup> didmanidze@rgau-msha.ru<sup>2</sup> karelinamu@mail.ru<sup>3</sup> bbs101973@mail.ru**Annotation.**

**Problem and purpose.** In this study, the main attention was focused on developing a methodology for managing the age structure of MTP, which takes into account the performance of the equipment and user preferences. In order to analyze and update data on the maintenance and repair of transport equipment, a discrete mathematical model is used to form complex assessments of its reliability. Estimated indicators are based on performance indicators of equipment operation. In conditions where the accuracy of forecasts is complicated by many factors, mathematical tools specially designed to work in uncertain conditions are used to develop optimal management decisions. The research led to the creation of a new methodology for managing transport equipment, focused on taking into account the consumer qualities of equipment and aimed at improving its quality, through optimizing its age composition.

**Methodology.** To achieve the goal, a comprehensive analysis was carried out. Within its framework, it was studied how optimally the stochastic write-off model correlates with the conditions of active use of transport and transport services. It is also compared with a model based on continuous calculations and a multi-criteria problem is taken into account.

**Results.** The analysis confirmed the superiority of the discrete write-off model in the context of regulating the composition of the machine and tractor fleet, especially when it is actively used. This method provides the ability to analyze operational loads in more detail and promotes the most efficient allocation of available resources.

**Conclusion.** Thus, the discrete write-off model is the preferred option for managing the age structure of MTP in agriculture, ensuring its effective use in optimizing operating processes.

**Key words:** technical utilization coefficient, machine and tractor fleet, discrete function, continuous function, multicriteria problem

**For citation.** Didmanidze O.N., Karelina M.Yu., Sidorov B.B., Methodology for managing the age structure of MTP based on discrete forms of representation of maintenance and tractor indicators. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P.95-100 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.82.94.013>

**Введение**

При изучении разнообразных методов обновления машинного парка в сельском хозяйстве стало ясно, что наиболее эффективен подход, который заключается в избирательном обновлении оборудования. Этот метод оказался особенно полезным в условиях интенсивной эксплуатации, где надежность техники подвергается испытаниям, превышающим обычные требования.

Важность индивидуального качества машин возрастает при увеличивающихся требованиях к их функциональности и продуктивности.

Ключевым компонентом разработанной методики является определение формы представления показателей технической эксплуатации единицы транспорта, что напрямую влияет на показатель реализуемого качества. Поэтому анализировалась возможность представления процессов изменения по времени основных показателей работы в дискретной форме на примере значений КТИ.

**Основная часть**

Одним из наиболее действенных методов выравнивания возрастной структуры является рациональная стратегия списания старых и поступления новых единиц техники [3,4,5]. В этом случае методика управления возрастной структурой парка ВСП предполагает, что процедура формирования исходных данных должна производиться с учётом принятых величин интервалов дискретных состояний (дискретный цикл). В качестве величины дискретного цикла (ДЦ) принимается 1 год, в течение которого фиксируются изменения показателей ТО и ТР при эксплуатации машинотракторного парка (МТП). Переход к величине ДЦ в календарном периоде требует адаптации основных показателей ТО и ТР, так как значения расчётного цикла ТЭ (это, как правило, срок службы до капитального ремонта) может не совпадать с принятой величиной ДЦ. В этом случае произойдут закономерные изменения в расчёте производственной программы по ТО и ТР, что должно быть учтено при раз-





работке методики управления возрастной структурой парка сельскохозяйственной техники.

**Методы исследования**

Таким образом, общая продолжительность планирования определяется величиной производства:

$$T = N \cdot \Delta t \tag{1}$$

Будем обозначать количество единиц МТП символом  $(A)$ . Исходная возрастная структура парка характеризуется вектором:

$$\{a_i\}; i = \overline{1, N}, \tag{2}$$

где  $a_i$  – количество единиц МТП, относящихся к  $i$ -й возрастной группе;

Каждая единица МТП переходит из любой возрастной группы в следующую в соответствии со стохастическими законами распределения случайных величин, то есть с вероятностями близкими к единице [6,7,8].

Исключение составляют последние возрастные группы. Данное исключение определяется целью исследования – разработкой методики, позволяющей реализовывать управление возрастной структурой машинотракторного парка с учетом потребительских свойств, определяемой дискретной математической моделью изменения номенклатуры показателей ТО и ТР, так как предполагается применять разработанную методику в уже действующем парке МТП, а не для полного обновления парка МТП. Именно последние группы формализуются с возможностью учёта потребительских свойств единиц МТП, то есть здесь происходит смена информационного состояния исследуемой системы. Оценка потребительских свойств единиц МТП носит стохастический неопределенный характер и в этом случае нужно применять специализированный математический аппарат принятия решений в условиях неопределенности, а сама задача носит многокритериальный характер.

Обозначим условия перехода в трёх последних возрастных группах [9-15].

Из  $(N - 1)$ -й возрастной группы единица МТП либо переходит в  $N$ -ю группу, либо списывается.

Из  $N$ -й группы единица МТП или переходит в  $(N+1)$ -ю группу, или списывается.

Из  $(N+1)$ -й возрастной группы единица МТП подлежит списанию в обязательном порядке;

Символом  $x_{ij}$  будем обозначать количество единиц МТП  $i$ -й возрастной группы, имеющих в  $j$ -й период планирования;

$$i = \overline{1, N + 1}; j = \overline{1, N}; \tag{3}$$

Интенсивность «старения» единиц МТП за время  $\Delta t$  будем обозначить символом  $\beta$ . Коэффициент технического использования единицы МТП  $i$ -й возрастной группы будем определять выражением

$$КТГ = \exp(-\beta (i-1)), i = \overline{1, N + 1} \tag{4}$$

Возраст единицы МТП  $i$ -й возрастной группы будем считать равным

$$t_i = (i - 1)\Delta t ; i = \overline{1, N + 1}. \tag{5}$$

Когда все основные допущения и обозначения перечислены, перейдем к формализованному описанию и изучению рассматриваемой оптимизационной задачи выравнивания возрастной структуры парка МТП.

**Результаты исследований**

Сформулируем математически ограничительные условия поставленной задачи:

$$\left. \begin{aligned} x_{i1} &= a_i; i = \overline{1, N} \\ x_{ij} &= x_{i-1, j-1}; i = \overline{2, N - 1}; j = \overline{2, N} \\ x_{ij} &\leq x_{i-1, j-1}; i = \overline{N, N + 1}; j = \overline{2, N} \\ \sum_{i=1}^{N+1} x_{iy} &= A; j = \overline{1, N} \\ x_{ij} &\geq 0; i = \overline{1, N + 1}; j = \overline{1, N} \end{aligned} \right\} \tag{6}$$

В качестве целевой функции рассматриваемой задачи примем математическое выражение с многокритериальной структурой КТГ:

$$\min_{1 \leq i \leq N} \frac{1}{A} \sum_{i=1}^{N+1} x_{ij} \text{ КТГ} \rightarrow \max_{\{x_{mathitij}\}} \tag{7}$$

$$\min_{1 \leq i \leq N} \frac{1}{A} \sum_{i=1}^{N+1} x_{ij} \exp(-\beta(i - 1)) \rightarrow \max_{\{x_{mathitij}\}} \tag{8}$$

где

$$\left\{ \begin{aligned} \text{КТГ}^{(1)} &= \text{КТГ}_0^{(1)} e^{-\beta_1 t} \\ \text{КТГ}^{(2)} &= \text{КТГ}_0^{(2)} e^{-\beta_2 t} \\ \text{КТГ}^{(3)} &= \text{КТГ}_0^{(3)} e^{-\beta_3 t} \end{aligned} \right. \tag{9}$$

По сравнению с описанной ранее задачами в рассматриваемой модели (6), (7), (8), (9) при условии, что исходная возрастная структура считается известной (заданной условиями задачи)

- 1) введена дополнительная  $(N+1)$ -я возрастная группа;
- 2) разрешено единиц МТП не из одной, а из трех возрастных групп – из  $(N-1)$ -й,  $N$ -й и  $(N+1)$ -й;
- 3) списание из трех последних возрастных групп производится при условии решения многокритериальной задачи определения КТГ с учетом потребительских свойств, определяемых как отдельные критерии.

Очевидно, что введение этих дополнений и создает возможность маневра при управлении и оптимизации процесса списания старых и поставки новых единиц техники в МТП. Очевидно также, что использование этого маневра и позволяет управлять возрастной структурой, приводя ее к оптимальной. Сформулированная задача относится к классу комбинаторных задач математического программирования. Можно показать, что оптимальное решение этой задачи достигается при использовании следующих рекуррентных соотношений:





$$x_{i1} = a_i; i = \overline{1, N}; \quad (10)$$

$$x_{1j} = \frac{A}{N}; j = \overline{2, N}; \quad (11)$$

$$x_{ij} = x_{i-1, j-1}; i = \overline{2, N-1}; j = \overline{2, N}; \quad (12)$$

$$x_{N, j} = \begin{cases} x_{N-1, j-1}; x_{N, j-1} \geq \frac{A}{N}; j = \overline{2, N} \\ x_{N-1, j-1}; -\frac{A}{N} + x_{N, j-1}; x_{N, j-1} < \frac{A}{N}; j = \overline{2, N} \end{cases} \quad (13)$$

$$x_{N+1, j} = \begin{cases} 0; x_{N, j-1} \leq \frac{A}{N}; j = \overline{2, N} \\ x_{N, j-1} - \frac{A}{N}; x_{N, j-1} > \frac{A}{N}; j = \overline{2, N} \end{cases} \quad (14)$$

**Обсуждение результатов**

В таблице 1 представлены данные по текущему и оптимальному состоянию возрастной структуры МТП, позволяющие применить разработанную методику управления ВСП.

Таблица 1 – Данные по текущему и оптимальному состоянию возрастной структуры машиннотракторного парка

| Номер группы | Возраст | Возрастная структура |         |
|--------------|---------|----------------------|---------|
|              |         | Оптимальная          | Текущая |
| 1            | 0 - 6   | 25                   | 34      |
| 2            | 6 - 12  | 25                   | 37      |
| 3            | 12 - 18 | 25                   | 28      |
| 4            | 18 - 24 | 25                   | 26      |
| 5            | 24 - 30 | 25                   | 13      |
| 6            | 30 - 36 | 25                   | 12      |
| 7            | 36 - 42 | 25                   | 20      |
| 8            | 42 - 48 | 25                   | 15      |
| 9            | 48 - 54 | 25                   | 23      |
| 10           | 54 - 60 | 25                   | 42      |
| 11           | 60 - 66 | 25                   | 30      |
| 12           | 66 - 72 | 25                   | 20      |
| Итого        |         | 300                  | 300     |

Из таблицы 1 видно, что структура МТП разнородна по типуажу, и, соответственно, по техническим и потребительским характеристикам. Важно отметить, что большинство крупных предприятий АПК (от 100 до 400 ед. тракторов) имеет в своем составе, как правило, разнородную технику, способную выполнять большой спектр сельскохозяйственных работ [17, 18]. Разработанный алгоритм позволяет определить эффективность сельскохозяйственной техники с учетом разнородных свойств в количественных оценках (по нескольким критериям эффективности). Результаты применения методики управления ВСП представлены на рисунке.

Из рисунка видно, что для различных моделей (от 1 до 10) сельскохозяйственной техники эффективность в количественных оценках может быть различна – выше или ниже в зависимости от показателей свойств, которые необходимо учитывать. В частности:

- для №1: эффективность с учетом комплекса потребительских свойств эффективность в количественных оценках увеличивается с 0, 24 до 0, 138;
- для №2: эффективность с учетом комплекса

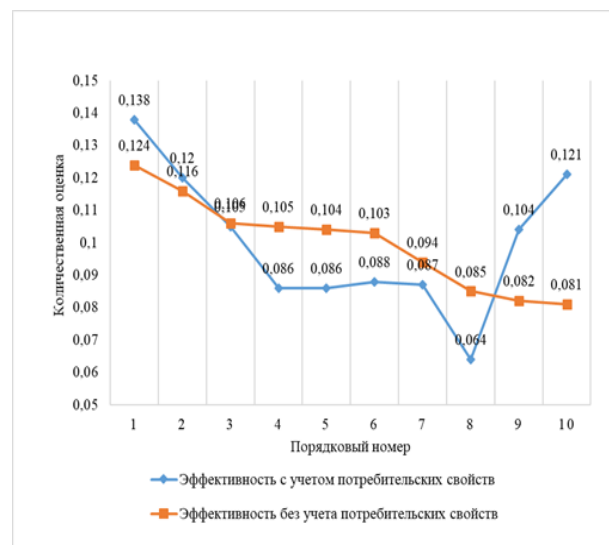


Рис.- Результаты применения методики управления ВСП

Fig.- Results of the application of the VSP management methodology



потребительских свойств эффективность в количественных оценках снижается с 0, 12 до 0, 116;

### Выводы

Получение результатов расчёта эффективности сельскохозяйственной техники для оптимального и текущего состояния необходимо в качестве исходных данных для следующего шага разработанной методики – формирования оптимальной

возрастной структуры парка МТП. А именно, снижение эффективности в количественных оценках говорит о том, что необходимо изменять (увеличивать или уменьшать) величину ДЦ. Снижение эффективности позволяет снизить величину ДЦ, а увеличение, наоборот – увеличить. Результаты расчёта представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Количественная оценка изменений эффективности эксплуатации с/х техники.

| №                    | Оптимальное состояние $d_{ij}$ | Текущее состояние $d_{ij}$ | $\Delta d_{ij}$ |
|----------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------|
| 1                    | 0,138                          | 0,124                      | 0,014           |
| 2                    | 0,12                           | 0,116                      | 0,004           |
| 3                    | 0,105                          | 0,106                      | -0,001          |
| 4                    | 0,086                          | 0,105                      | -0,019          |
| 5                    | 0,086                          | 0,104                      | -0,018          |
| 6                    | 0,088                          | 0,103                      | -0,015          |
| 7                    | 0,087                          | 0,094                      | -0,007          |
| 8                    | 0,064                          | 0,085                      | -0,021          |
| 9                    | 0,104                          | 0,082                      | 0,022           |
| 10                   | 0,121                          | 0,081                      | 0,04            |
| $\sum \Delta d_{ij}$ |                                |                            | -0,001          |

Полученное значение  $\sum \Delta d_{ij} = 0,001$  свидетельствует о том, что суммарные изменения эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники с учетом нормирования и перевода в относительные единицы исходных данных определяют возможность 10 %-го изменения величины ДЦ. Разработанная методика управления возрастной структурой МТП позволяет не только выравнять возрастную структуру, но и решать данную задачу с учетом установленного целеполагания – равномерного повышения показателей использования техники, если они находятся на низком уровне.

### Список источников

1. Формирование и использование парка сельскохозяйственной техники и грузовых автомобилей с улучшением организационных методов работы механизаторских кадров в хозяйствах Бурятской АССР: методические рекомендации / А. С. Пехутов, Б. Ж. Чойжалсанов. – Улан-Удэ: Бурятск. кн. изд., 1989. – 64 с.
2. Хабатов, Р. Ш. Исследование структуры транспортного парка сельскохозяйственного предприятия (на примере колхоза лесостепной зоны УССР): Дис. канд. техн. наук/ Р. Ш. Хабатов. – Киев, 1984. – 142 с.
3. Измайлов А.Ю. Проблемы формирования российского парка и рынка сельскохозяйственных тракторов с учетом состояния и перспектив развития их производства в России и за рубежом. // Н.М. Антышев, Г.С. Гурылев, В.Г. Шевцов / Научно - практический журнал «Трактора и сельхозмашины». – 2012. - № 2. – С. 2-3.
4. Кряжков В.М. Проблемы формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов в России / З.А. Годжаев, В.Г. Шевцов, А.В. Лавров, Г.С. Гурылев, А.Н. Ошеров. // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 3. – С. 9–14.
5. Кряжков В.М. Проблемы формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов в России / З.А. Годжаев, В.Г. Шевцов, А.В. Лавров, Г.С. Гурылев, А.Н. Ошеров. // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 4. – С. 5–11.

6. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов / В. Е. Гурман // 9-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2003. – 479с.
7. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей. – Харьков: Высш. шк., 1984. – 312с.
8. Гольяпин В.Я. Анализ качества и технического уровня сельскохозяйственной техники / Л.М. Колчина, Т.А. Щеголихина, М.Н. Хлепитько // - Правдинский.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 144с.
9. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 395 с.
10. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. - М.: Высшая школа, 2001. - 208 с.
11. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учеб. для вузов, — 6-е изд. стер. - М.: Высш. шк., 1999. - 576 с.
12. Джексон, П. Введение в экспертные системы, 3-е изд. -М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 624 с.
13. Лотоцкий, В.Л. Информационная ситуация и информационная конструкция // Славянский форум. 2017. № 2 (16). С. 39–44.
14. Tsvetkov V.Ya. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European researcher. Series A. 2013. № 4–1 (45). p. 782–786.
15. Розенберг И. Н. Информационная ситуация как сложная система // Образовательные ресурсы и технологии. 2017. № 3 (20). С. 69–77.
16. Терентьев, А.В. Научно-методический подход к многокритериальной оценке срока эксплуатации автомобиля/ дис. докт. техн. наук: 05.22.10 /Терентьев Алексей Вячеславович. – Санкт-Петербург., 2012. – 303 с.
17. Титов, Е.Ф. О методах определения технического уровня АТС, их агрегатов и узлов / Е.Ф. Титов//Автомобильная промышленность: журнал. 2000. № 1. - С. 27-29.
18. Мирзаев, Р.Р. Модель управления возрастной структурой парка сельскохозяйственной техники/ Р.Р. Мирзаев, Б.Б. Сидоров, А.В. Терентьев, Д.А. Птицын. Мир транспорта и технологических машин. 2020. № 4(71). С. 92-99..



Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### References

1. *Formirovanie i ispol'zovanie parka sel'skohozyajstvennoj tekhniki i gruzovyh avtomobilej s uluchsheniem organizacionnyh metodov raboty mekhanizatorskih kadrov v hozyajstvah Buryatskoj ASSR: metodicheskie rekomendacii / A. S. Pekhutov, B. Zh. Chojzhalsanov. – Ulan-Ude: Buryatsk. kn. izd., 1989. – 64 s.*
2. *Habatov, R. SH. Issledovanie struktury transportnogo parka sel'skohozyajstvennogo predpriyatiya (na primere kolhozov lesostepnoj zony USSR): Dis. kand. tekhn. nauk/ R. SH. Habatov. – Kiev, 1984. – 142 s.*
3. *Izmajlov A.YU. Problemy formirovaniya rossijskogo parka i rynka sel'skohozyajstvennyh traktorov s uchetom sostoyaniya i perspektiv razvitiya ih proizvodstva v Rossii i za rubezhom. // N.M. Antyshev, G.S. Gurylev, V.G. SHevcov / Nauchno - prakticheskij zhurnal «Traktora i sel'hozmashiny». – 2012. - № 2. – S. 2-3.*
4. *Kryazhkov V.M. Problemy formirovaniya innovacionnogo parka sel'skohozyajstvennyh traktorov v Rossii / Z.A. Godzhaev, V.G. SHevcov, A.V. Lavrov, G.S. Gurylev, A.N. Oshero. // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. – 2015. – № 3. – S. 9–14.*
5. *Kryazhkov V.M. Problemy formirovaniya innovacionnogo parka sel'skohozyajstvennyh traktorov v Rossii / Z.A. Godzhaev, V.G. SHevcov, A.V. Lavrov, G.S. Gurylev, A.N. Oshero. // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. – 2015. – № 4. – S. 5–11.*
6. *Gmurman V. E Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika: Ucheb. posobie dlya vuzov / V. E. Gurman // 9-e izd., ster. – M.: Vyssh. shk., 2003. – 479s.*
7. *Govorushchenko N.YA. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobilej. – Har'kov: Vyssh. shk., 1984. – 312s.*
8. *Gol'tyapin V.YA. Analiz kachestva i tekhnicheskogo urovnya sel'skohozyajstvennoj tekhniki / L.M. Kolchina, T.A. SHCHegolihina, M.N. Hlepit'ko // - Pravdinskij.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2013. – 144s.*
9. *Buslenko N. P. Modelirovanie slozhnyh sistem. – M.: Nauka, 1978. – 395 s.*
10. *Ventcel' E.S. Issledovanie operacij. Zadachi, principy, metodologiya. - M.: Vysshaya shkola, 2001. - 208 s.*
11. *Ventcel', E.S. Teoriya veroyatnostej: ucheb. dlya vuzov, — 6-e izd. ster. - M.: Vyssh. shk., 1999. - 576 s.*
12. *Dzhekson, P. Vvedenie v ekspertnye sistemy, 3-e izd. -M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2001. – 624 s.*
13. *Lotockij, V.L. Informacionnaya situatsiya i informacionnaya konstrukcija // Slavyanskij forum. 2017. №2(16). S. 39–44.*
14. *Tsvetkov V.Ya. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European researcher. Series A. 2013. № 4–1 (45). p. 782–786.*
15. *Rozenberg I. N. Informacionnaya situatsiya kak slozhnaya sistema // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. 2017. № 3 (20). S. 69–77.*
16. *Terent'ev, A.V. Nauchno-metodicheskij podhod k mnogokriterial'noj ocenke sroka ekspluatatsii avtomobilya/ dis. dokt. tekhn. nauk: 05.22.10 /Terent'ev Aleksej Vyacheslavovich. – Sankt-Peterburg., 2012. – 303 s.*
17. *Titov, E.F. O metodah opredeleniya tekhnicheskogo urovnya ATS, ih agregatov i uzlov / E.F. Titov//Avtomobil'naya promyshlennost': zhurnal. 2000. № 1. - S. 27-29.*
18. *Mirzaev, R.R. Model' upravleniya vozrastnoj strukturoj parka sel'skohozyajstvennoj tekhniki/ R.R. Mirzaev, B.B. Sidorov, A.V. Terent'ev, D.A. Pticy. Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2020. № 4(71). S. 92-99.*

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

#### Информация об авторах

**Дидманидзе Отари Назирович**, д-р техн. наук, профессор, академик РАН, зав. кафедрой тракторов и автомобилей, РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, didmanidze@rgau-msha.ru

**Карелина Мария Юрьевна**, д-р техн. наук проректор, Государственный университет управления, karelinamu@mail.ru

**Сидоров Борис Борисович**, младший научный сотрудник Научно-исследовательского института государственной политики и управления отраслевой экономикой, Государственный университет управления, bbs101973@mail.ru

#### Author information

**Didmanidze Otari N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Tractors and Automobiles, RGAU-MSHA named after K. A. Timiryazev, didmanidze@rgau-msha.ru

**Karelina Maria Yu.**, Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector of State University of Management, karelinamu@mail.ru

**Sidorov Boris. B.**, junior researcher at the Research Institute of State Policy and Sectoral Economic Management of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "State University of Management", bbs101973@mail.ru

Статья поступила в редакцию 19.01.2024; одобрена после рецензирования 04.03.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 19.01.2024; approved after reviewing 04.03.2024; accepted for publication 11.03.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т. 16, №1, с.101-113  
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №1, pp. 101-113

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 631.252  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.62.60.014

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ  
ТЕХНИКИ К ХРАНЕНИЮ

**Константин Александрович Забара**<sup>1</sup>✉, **Вячеслав Викторович Терентьев**<sup>2</sup>,  
**Виталий Александрович Киселев**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>1</sup> zabara78@yandex.ru

<sup>2</sup> vvt62ryazan@yandex.ru

<sup>3</sup> oap.kafedra@yandex.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** Загрязнение сельскохозяйственной техники в процессе производства растениеводческой продукции существенно снижает эксплуатационную надежность машин. Для снижения негативного воздействия частиц загрязнения на работу машин в сельском хозяйстве необходимо создать условия для их качественной очистки как в эксплуатационный период, так и в период длительного межсезонного хранения. Цель исследования – повышение качества очистки загрязненных поверхностей сельскохозяйственной техники путем разработки новых конструктивных решений абразивно-струйной обработки машин.

**Методология.** В исследовании представлен обзор различных способов очистки загрязненных поверхностей сельскохозяйственной техники. Для повышения качественных характеристик процесса очистки загрязненных поверхностей предлагается ряд конструктивных решений устройств для микроабразивной обработки сельскохозяйственной техники. Предлагаемая конструкция устройства для микроабразивной обработки сельскохозяйственной техники с возможностью регулировки угла наклона выходного сопла позволит обеспечить очистку труднодоступных участков машин, а применение для микроабразивной обработки защитного экрана позволит повысить безопасность и удобство выполнения данной технологической операции.

**Результаты.** Конструкция экспериментального устройства пистолетного типа для микроабразивной обработки сельскохозяйственной техники с возможностью регулировки угла наклона выходного сопла запатентована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (патент на полезную модель № 216615). Конструкция экспериментального устройства пистолетного типа для микроабразивной обработки с защитным экраном запатентована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (патент на полезную модель № 216616).

**Заключение.** Надежность работы сельскохозяйственной техники в эксплуатационный период зависит от надлежащего проведения технического обслуживания машин. Качественное выполнение обслуживания практически невозможно без предварительной тщательной очистки техники от различного рода загрязнений. Представленные конструктивные решения позволят не только добиться повышения качества очистки загрязненных поверхностей машин за счет удаления грязи из труднодоступных мест, но и снизить концентрацию вредных продуктов очистки в окружающем воздухе, что обеспечит улучшение условий труда оператора.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственная техника, загрязнение, очистка, устройство, абразивно-струйная микрообработка

**Для цитирования:** Забара К.А., Терентьев В.В., Киселев В.А. Совершенствование технологического процесса подготовки техники к хранению // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т 16, № 1, С 101-113 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.62.60.014>

© Забара К.А., Терентьев В.В., Киселев В.А., 2024 г.





Original article

## IMPROVING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF PREPARING MACHINES FOR STORAGE

Konstantin A. Zabara <sup>1</sup>✉, Vyacheslav V. Terentyev <sup>2</sup>, Vitaliy A. Kiselev <sup>3</sup><sup>1,2,3</sup> Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia<sup>1</sup> zabara78@yandex.ru<sup>2</sup> vvt62ryazan@yandex.ru<sup>3</sup> oap.kafedra@yandex.ru**Abstract.**

**Problem and purpose.** Contamination of agricultural machinery during the production of crop products significantly reduces the operational reliability of machines. To reduce the negative impact of pollution particles on the operation of machines in agriculture, it is necessary to create conditions for its high-quality cleaning both during the operational period and during long-term off-season storage. The purpose of the study was to improve the quality of cleaning contaminated surfaces of agricultural machinery by developing new design solutions for abrasive flow machining of machines.

**Methodology.** The study provides an overview of various methods for cleaning contaminated surfaces of agricultural machinery. To improve the quality characteristics of the process of cleaning contaminated surfaces, a number of design solutions for devices for micro abrasive processing of agricultural machinery are proposed. The proposed design of the device for micro abrasive processing of agricultural machinery with the ability to adjust the angle of inclination of the outlet nozzle will allow cleaning hard-to-reach areas of machines, and the use of a protective screen for micro abrasive processing will improve the safety and convenience of this technological operation.

**Results.** The design of an experimental pistol-type device for micro abrasive processing of agricultural machinery with the possibility to adjust the angle of inclination of the outlet nozzle is patented by the Federal Service for Intellectual Property (utility model patent No. 216615). The design of an experimental pistol-type device for micro abrasive machining with a protective screen is patented by the Federal Service for Intellectual Property (utility model patent No. 216616).

**Conclusion.** The reliability of the agricultural machinery during the operational period depends on the proper maintenance of the machines. High-quality maintenance is almost impossible without preliminary thorough cleaning of equipment from various kinds of contaminants. The presented design solutions will not only improve the quality of cleaning contaminated surfaces of machines by removing dirt from hard-to-reach places, but also reduce the concentration of harmful cleaning products in the ambient air, which will improve the working conditions of the operator.

**Key words:** agricultural machinery, pollution, cleaning, device, abrasive flow micro machining

**For citation:** Zabara K.A., Terentyev V.V., Kiselev V.A. Improving the technological process of preparing machines for storage // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 1, P. 101-113 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.62.60.014>

**Введение**

Постоянный рост стоимости различных машин и технических средств, связанных с производством сельскохозяйственной продукции, в современных условиях рыночной экономики требует от специалистов различных инженерных служб разработки принципиально новых подходов к правилам эксплуатации сельскохозяйственной техники, позволяющим решать основные проблемы сохранности такой техники, которые возникают в процессе ее использования в сельском хозяйстве. Одна из таких проблем связана с подготовкой сохраняющихся на хранении машин к режиму их длительного хранения [1, 2].

К сожалению, срок эксплуатации техники, которая применяется для производства различных видов технологических операций в сельскохозяйственном производстве, существенно ниже, чем аналогичный показатель в других отраслях народного хозяйства. Это, прежде всего, связано с тем,

что различные машины и технические средства, используемые в сельскохозяйственном производстве, работают пусть и непродолжительный промежуток времени года, который составляет примерно 10-15 %, но в весьма тяжелых и напряженных условиях. Во время работы машины поверхности внешних сторон ее отдельных элементов (например, комбайн в основной комплектации состоит из жатки для зерновых культур и молотилки самоходной) покрываются загрязнениями различного происхождения. Эти разнообразные загрязнения под воздействием окружающей среды способны образовывать на поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники разные по плотности отложения. Такие отложения, как правило, вызывают негативные последствия и ухудшают эксплуатационные свойства различных машин и технических средств, связанных с производством сельскохозяйственной продукции. Поэтому в конце рабочего периода, перед тем как про-



известны подготовка сельскохозяйственной техники к режиму её длительного хранения, любая такая техника в обязательном порядке должна быть очищена, отмыта и обезжирена [3].

#### Объекты и методы

Под чистотой понимается такое состояние поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники, при котором на ней сохраняются остаточные загрязнения в пределах допустимых норм, установленных техническими условиями [4]. Рассмотрим основные виды загрязнений поверхности конструктивных элементов сельскохозяйственной техники.

Почвенные и растительные остатки – это загрязнения, которые налипают и скапливаются на поверхности жатки для зерновых культур, а также на поверхности других узлов и агрегатов молотилки самоходной, таких как, например, наклонная камера, молотильный аппарат, шасси, колосовой элеватор, домолачивающее устройство, соломотряс, бункер зерновой и шнек выгрузной, соломоизмельчитель и др. во время работы техники по назначению. Почвенные и растительные остатки в данном случае представляют собой смесь пыли и грязи, сухих стеблей злаковых зерновых культур, остающихся после обмолота (солома) и жатвы (пожнивные остатки). Здесь следует отметить, что наличие воды и растительного сока способствует весьма стойкому «прилипанию» загрязнений данного вида к поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники.

Эксплуатационные загрязнения – это загрязнения, которые возникают в процессе эксплуатации различных машин и технических средств, связанных с производством сельскохозяйственной продукции, они образуются как на внешних, так и на внутренних поверхностях их отдельных элементов. К ним относятся пылевые, маслянисто-грязевые и асфальто-смолистые отложения, остатки смазочных материалов, старые лакокрасочные покрытия, нагар, накипь и продукты коррозии.

Технологические загрязнения – это загрязнения, которые образуются в процессе технического обслуживания и ремонта различных машин и технических средств, связанных с производством сельскохозяйственной продукции. К ним относятся частицы стружки, абразивные материалы, остатки смазочно-охлаждающих жидкостей, окалина, пыль и т.п.

Остатки ядохимикатов – это загрязнения, которые представляют собой смесь минеральных удобрений, органических удобрений, различного рода масляно-жировых отложений, пыли, грязи и т.д.

Из этого следует, что основные массы разнообразных загрязнений включают в себя, как правило, несколько компонентов, которые содержат в своем составе определенные фазы, такие как жидкость и твердое тело, обладающих различной степенью раздробленности на отдельные частицы, а также разными размерами и количеством этих частиц в дисперсных системах. И, конечно же, это все в значительной мере оказывает воздействие на силу «прилипания» частиц разнообразных загрязнений к поверхности внешних сто-

рон отдельных элементов сельскохозяйственной техники.

Статистические данные показывают, что от всей площади поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники, имеющей разнообразные загрязнения, только малую часть площади составляют загрязнения, которые имеют наиболее прочную связь с данной поверхностью. Однако материальные затраты и трудовые ресурсы на очистку поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники от таких загрязнений превышают в несколько раз затраты на очистку такой же поверхности от других видов загрязнений.

По характеру образования загрязнений на поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники и по плотности их отложений разнообразные загрязнения, условно, можно разделить на три группы.

1. Слабосвязанные (например, почвенные и растительные остатки).

2. Среднесвязанные (например, маслянисто-грязевые отложения, технологические загрязнения).

3. Сильносвязанные (например, продукты коррозии, остатки ядохимикатов, старые лакокрасочные покрытия).

Наибольшая доля от всей площади поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники, имеющей разнообразные загрязнения, приходится на слабосвязанные и среднесвязанные загрязнения, которые составляют примерно 56 % и 32 % соответственно. Сильносвязанные загрязнения, которые имеют наиболее прочную связь с поверхностью внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники, составляют всего лишь 12 %. Сильносвязанные загрязнения обнаруживаются чаще всего в труднодоступных местах, в связи с чем общие затраты труда на очистку таких загрязнений гораздо выше.

Из этого следует, что материальные затраты и трудовые ресурсы в процессе очистки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники от разнообразных загрязнений зависят, в первую очередь, от характера образования и плотности отложений самих загрязнений.

Процессом очистки, в данном случае, называется процесс удаления разнообразных загрязнений с поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники с помощью физико-химического и механического воздействий на них. Сущность процесса мойки и обезжиривания состоит в удалении жидких и твердых загрязнений с поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники, и переводе их в моющий раствор. Иными словами, мойка – это технологический процесс очистки всей площади поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники, имеющих разнообразные загрязнения, при котором происходит разрушение этих загрязнений с последующим их удалением с данной поверхности.



Здесь следует отметить, что из всех видов загрязнений поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники основными являются почвенные и растительные остатки, маслянисто-грязевые отложения, остатки смазочно-охлаждающих жидкостей, иных смазочных материалов, а также старая краска и продукты коррозии, причем для удаления некоторых из них необходимо применять несколько стадий очистки.

Процесс удаления разнообразных загрязнений с поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники с помощью воздействия на них физико-химической энергии включает в себя такие основные процессы как эмульгирование, диспергирование, растворение, молекулярные превращения, химическое травление и т.д. Причем воздействие физико-химической энергии осуществляется за счет применения моющих средств, которые, в свою очередь, можно разделить на эмульгирующие и органические растворители, синтетические моющие средства (СМС) и кислотные растворы.

Однако те моющие средства, которые содержат в своем составе щелочи, кислоты или их соли, могут вызывать коррозионное разрушение отдельных элементов сельскохозяйственной техники. Поэтому для предотвращения коррозионного разрушения отдельных элементов сельскохозяйственной техники в моющие растворы дополнительно вводят специальные добавки, так называемые ингибиторы коррозии, защитное действие которых состоит в образовании на поверхности металла защитной пленки в виде продукта реакции между металлом, ингибитором и коррозионно-активной средой.

Важно заметить и то, что самую высокую степень очистки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники от разнообразных ее загрязнений позволяют достичь СМС, которые содержат в своем составе поверхностно-активные вещества. Такие СМС в достаточной мере активно разрушают места разнообразных загрязнений на очищаемой поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники.

Обезжиривание поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники от растительных жиров обязательно проводят, например, перед нанесением на подготавливаемую поверхность специальных композиционных составов (краска, эмаль, лак и т.д.) в жидком или порошкообразном виде равномерными тонкими слоями, которые образуют после высыхания и отверждения пленку, имеющую прочное сцепление с основанием [5].

Процесс удаления разнообразных загрязнений с поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники с помощью воздействия на них механической энергии включает в себя такие основные этапы как царапание, трение, отскабливание и (или) соскабливание, или абразивно-струйная микрообработка (очистка), гидроструйная микрообработка (очистка) и т.д. Причем воздействие механической энергии осу-

ществляется за счет возникновения нормальных и касательных напряжений.

Технология отскабливания и (или) соскабливания разнообразных загрязнений с поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники является одной из самых часто используемых технологических операций при очистке такой техники в процессе ее технического обслуживания и ремонта. При этом существует несколько способов выполнения такой операции: это либо обработка поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники сыпучими или жидкими абразивными материалами в специальных емкостях для виброабразивной очистки, которые подвержены вращению или вибрации (галтование); либо обработка поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники ручным инструментом (например, таким: ручные проволочные щетки, шпатели, скребки, абразивные шкурки, наждак); либо обработка механизированным инструментом, таким, например, как вращающиеся проволочные щетки, машинки для зачистки абразивными шкурками, диски для зачистки абразивными шкурками, абразивные точильные камни, шлифовальные круги.

В процессе изготовления разнообразных отдельных элементов сельскохозяйственной техники на их поверхности могут образовываться такие дефекты, как острые края при штамповке из листового материала; заусенцы, образованные во время резки либо токарной обработки; окалина после сварочных работ или резки; остатки облоя с отдельных элементов сельскохозяйственной техники, выполненных методом литья; загрязнения различного рода, либо очаги коррозии и т.д.

Все это нужно удалять с разнообразных отдельных элементов сельскохозяйственной техники. Для этих целей можно применить такой способ отскабливания и (или) соскабливания как, например, галтование. Кроме этого, галтованием достаточно эффективно добиваются полирования отдельных элементов сельскохозяйственной техники до состояния зеркальной поверхности. Далее к отдельным элементам сельскохозяйственной техники, которые ранее были подвержены галтованию, можно применять либо метод покрытия одного металла каким-либо другим путём электролиза (гальванизация), либо окрашивание порошковыми смесями.

Абразивные материалы – это материалы, часто минералы, которые используются для придания формы или отделки заготовки путем трения, что приводит к износу части заготовки. Иными словами, это природные или искусственные зернистые материалы, обладающие высокой твердостью (например, корунд, наждак и т.п.), применяемые для механической обработки (резания, шлифования, полирования, заточки и т.д.) поверхности из других, более мягких материалов.

Сыпучие смеси применяют для «сухого» галтования отдельных элементов сельскохозяйственной техники, для «мокрого» же используют специальные растворы. Однако при таком способе





обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники необходимо принимать во внимание то, что существует ряд ограничений применения технологического процесса механической обработки отдельных элементов при перемешивании с наполнителем, который может содержать абразивный материал, а именно, габаритные размеры конкретного отдельного элемента и его формы, а также объем рабочей камеры самого производственного оборудования для виброабразивной очистки.

Обработка поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники ручным инструментом иногда применяется на начальном этапе для предварительной очистки данной поверхности, с целью снятия относительно легко удаляемых загрязнений перед использованием механизированных инструментов.

Обработка поверхности внешних сторон отдельных элементов механизированным инструментом эффективнее и производительнее обработки данной поверхности ручным инструментом, но по эффективности уступает, например, абразивно-струйной микрообработке (очистке) подготавливаемой поверхности. Кроме того, участки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники, недоступные для подобных инструментов, должны подготавливаться вручную, в том числе удалением методом скалывания толстых слоев ржавчины, а также соскребанием маслянисто-грязевых отложений и др.

Абразивно-струйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов различных машин и технических средств применяется в разных отраслях промышленности для решения различных производственных задач: от грубого удаления разнообразных загрязнений до прецизионной очистки подготавливаемой поверхности. Также абразивно-струйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов различных машин и технических средств получила широкое применение и в сельском хозяйстве. Так, например, технологические процессы абразивно-струйной микрообработки (очистки) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники можно разделить, условно, на пять категорий, а именно:

1) абразивно-струйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники, при полном отсутствии воды;

2) абразивно-струйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники воздухом, который находится под давлением;

3) абразивно-струйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники воздухом, который находится под давлением с добавлением воды;

4) абразивно-струйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники водой, которая находится под давлением;

5) гидроструйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники водой, которая находится под высоким давлением, при полном отсутствии каких-либо абразивных материалов.

Абразивно-струйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники при полном отсутствии воды заключается в ударе воздушного потока с определенным количеством абразивного материала в нем, а также с высоким уровнем кинетической энергии. Подача абразивного материала происходит либо за счет центробежной силы, либо за счет воздуха, который находится под давлением, либо за счет увлечения потоком с более высоким давлением, движущимся с большей скоростью данной среды с низким давлением (эжекция).

Абразивно-струйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники воздухом, который находится под давлением, происходит при поступлении абразивного материала в воздушный поток и направлении этой смеси воздуха с твердыми частицами с большой скоростью из специального устройства для получения газовых струй на подготавливаемую поверхность. Абразивный материал может быть введен в воздушный поток из емкости, находящейся под давлением, или увлечён этим воздушным потоком в процессе всасывания из емкости, не находящейся под давлением. Такой способ микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники осуществляется с помощью микродробеструйных установок.

Для микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники широко применяют способ обдува такой поверхности мелкоабразивной скорлупой косточек различных фруктов. Мелкоабразивная скорлупа косточек различных фруктов подается на обрабатываемую поверхность воздухом, который находится под давлением, со скоростью 25-45 м/с, причем частицы мелкоабразивной скорлупы косточек различных фруктов легко разрушают и удаляют загрязнения, не повреждая при этом обрабатываемую поверхность самих изделий или деталей. Мелкоабразивная скорлупа косточек различных фруктов делится на три размера – крупный, средний и мелкий. Крупная мелкоабразивная скорлупа косточек применяется для удаления наиболее плотных отложений, таких как, например, нагар или накипь, а средняя или мелкая – для всех других загрязнений.

При этом микроабразивная обработка поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники осуществляется специальными аппаратами микродробеструйного типа, которые бывают двух видов: микродробеструйные установки закрытого типа и микродробеструйные установки открытого типа.

Микродробеструйная установка закрытого типа представляет собой герметичную емкость со смотровым окном, перед которой стоит оператор-дробеструйщик. Для работы оператор-дробеструйщик





просовывает руки внутрь герметичной емкости через специальные отверстия, защищенные плотными рукавами с перчатками. При этом дробеструйный пистолет находится внутри герметичной емкости. Так как установка герметичная, то средства индивидуальной защиты (СИЗ) оператору-дробеструйщику в данном случае не требуются.

Микродробеструйная установка открытого типа представляет собой емкость определенного объема для абразивного материала на колесах с ситом. К емкости подключаются шланг для микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники и воздушный шланг для подачи сжатого воздуха. Установка, после ее включения, «выбрасывает» с большой скоростью сформированную смесь воздуха с твердыми частицами из специального устройства для получения газовых струй на подготавливаемую поверхность.

При этом абразивный материал и пыль разлетаются вокруг объекта очистки и оседают на рабочей площадке в радиусе примерно 15-25 метров от места работы оператора-дробеструйщика. Поэтому при работе с микродробеструйной установкой открытого типа оператору-дробеструйщику в обязательном порядке необходимы СИЗ, так как абразивный материал может нанести повреждения слизистым (глаза, дыхательные пути), поранить кожу или вовсе вызвать такие профессиональные заболевания как, например, хронические и пылевые бронхиты – силикатоз.

Микродробеструйная обработка поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники осуществляется при подаче стальной литой дроби, так называемого «металлического песка», в поток воздуха и направлении сформированной смеси воздуха с твердыми частицами с большой скоростью из специального устройства для получения газовых струй на подготавливаемую поверхность.

Однако такой способ микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники является довольно дорогим удовольствием даже при том условии, что расход дроби в 3 раза меньше расхода абразивного материала. Кроме того, микроабразивная обработка поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники из металлов и сплавов, не содержащих железа в заметных количествах (цветные металлы), приводит к возникновению процесса электрохимической коррозии.

Абразивно-струйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники воздухом, который находится под давлением, с добавлением воды аналогична абразивно-струйной микрообработке поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники воздухом, который находится под давлением, с той лишь разницей, что в первом случае в воздушный поток помимо абразивного материала добавляють относительно небольшое количество воды, и эту смесь воздуха с твердыми частицами и жидкости

направляют через специальное устройство для получения газовых струй на подготавливаемую поверхность. Таким образом, появляется возможность осуществлять микроабразивную обработку данной поверхности без пыли.

Абразивно-струйная микрообработка (очистка) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники водой, которая находится под давлением: в поток жидкости вводят абразивный материал и эту смесь жидкости с твердыми частицами, находящимися во взвешенном состоянии, направляют через специальное устройство для получения жидких струй на подготавливаемую поверхность.

Данный способ микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники основан на воздействии кинетической энергии высоконапорной водяной струи на подготавливаемую поверхность [6]. При этом струя воды позволяет удалять с данной поверхности разнообразные загрязнения, причем давление самой жидкости зависит от вида удаляемых загрязнений. В качестве абразивного материала здесь применяют, как правило, карборунд, глинозем или кварцевый песок [7]. Причем результат такого способа микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники, главным образом, зависит от отношения количества абразивного материала, содержащегося в смеси жидкости с твердыми частицами, находящимися во взвешенном состоянии, к массе всей смеси жидкости с твердыми частицами.

Вместе с тем, даже при таком способе микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники возникают определенные сложности в достижении качества обработки данной поверхности, такие как, например, затруднение подачи необходимого количества абразивного материала в смеси жидкости с твердыми частицами к объекту очистки. Иными словами, качество микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники напрямую зависит от количества абразивного материала в смеси жидкости с твердыми частицами. То есть с уменьшением количества абразивного материала в смеси жидкости с твердыми частицами подача данного материала в составе такой смеси к объекту очистки в какой-то степени будет облегчена, но качество микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники при этом будет понижаться.

Принцип действия гидроструйной микрообработки (очистки) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники водой, которая находится под высоким давлением, при полном отсутствии абразивного материала, основан на применении силы гидравлического удара. Гидравлический удар – это скачок давления в какой-либо системе, заполненной жидкостью, вызванный быстрым изменением скорости потока этой жидкости. Такой способ микроо-



работки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники позволяет достичь довольно высокого качества подготовки данной поверхности благодаря возможности изменения величины силы гидравлического удара за счет уменьшения диаметра выходного отверстия специального устройства для получения жидких струй и повышения давления жидкости, причем расход жидкости при этом остается прежним.

В то же время применение такого способа микрообработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники имеет некоторые ограничения. Это, прежде всего, связано с потреблением электроэнергии. То есть увеличение подачи жидкости, нагнетаемой насосом за единицу времени, неизбежно влечет за собой и рост потребления электроэнергии.

В свою очередь, микрообработка поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники путем применения такого способа подготовки данной поверхности как, например, гидродинамическая кавитация, позволила устранить эти недостатки (рост потребления электроэнергии).

В основе этого способа микрообработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники лежит кавитационная эрозия, то есть образование пузырьков (пустот) в жидкой среде в специальном устройстве, предназначенном для формирования этого физического процесса, которые, в свою очередь, повышают степень экстремального разрушительного воздействия водяной струи на загрязняющие вещества различной природы [8].

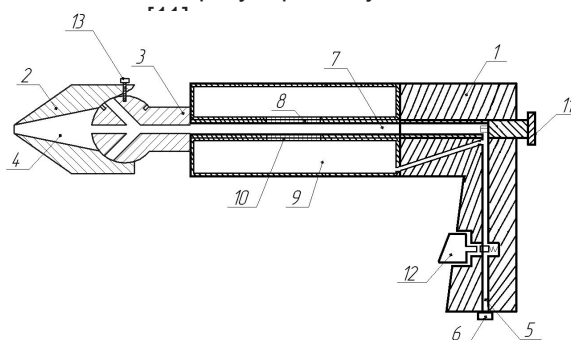
Однако такой способ микрообработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники отличается, в первую очередь, тем, что весьма затруднительно реализуется такая возможность как, например, управление физическими процессами образования пузырьков (пустот) в жидких средах, с последующим их схлопыванием и высвобождением большого количества энергии непосредственно у самой поверхности изделий или деталей. А это значит, что масштаб применения этого способа микрообработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники в значительной мере ограничен. Кроме того, этот способ микрообработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники характеризуется низкой производительностью. Тем не менее, данный способ микрообработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники позволяет добиться качестваготавливаемой поверхности при минимальных затратах, так как образование дополнительной энергии усиливает механическое воздействие, которое, в свою очередь, разрушает загрязнения различного рода.

В то же время экспериментальные исследования различных видов загрязнений машин и технических средств, связанных с производством сельскохозяйственной продукции, показывают, что существующие в настоящее время способы очистки поверхности внешних сторон отдельных

элементов сельскохозяйственной техники от разнообразных загрязнений не могут обеспечить должного качества очистки данной поверхности [9]. Это связано с тем, что на поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники присутствуют загрязнения, которые имеют наиболее прочную связь с данной поверхностью, т.е. ее плотные отложения [10]. Поэтому существует реальная потребность в разработке перспективных способов очистки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники с применением универсальных и недорогих устройств, позволяющих обеспечить качественную очистку с наименьшими затратами.

### Экспериментальная часть

Коллективом авторов в Рязанском ГАТУ разработаны конструкции устройств, предназначенных для абразивно-струйной микрообработки (очистки) поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники при полном отсутствии воды, применение которых позволит повысить эффективность данного технологического процесса. На рисунке 1 представлена принципиальная схема экспериментального устройства пистолетного типа для микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники с возможностью регулировки угла наклона выход-



1 – рукоятка; 2 – корпус съемного сопла; 3 – наконечник-распылитель; 4 – камера формирования смеси воздуха с твердыми частицами; 5 – канал для подачи воздуха, который находится под давлением; 6 – штуцер; 7 – канал для подачи смеси воздуха с твердыми частицами; 8 и 10 – сетчатые отверстия; 9 – емкость для абразивного материала; 11 – регулировочный винт; 12 – курок; 13 – фиксатор положения.

Рис. 1 – Принципиальная схема экспериментального устройства пистолетного типа для микроабразивной обработки сельскохозяйственной техники с возможностью регулировки угла наклона выходного сопла

1 – handle; 2 – removable nozzle body; 3 – spray tip; 4 – air mixture formation chamber with solid particles; 5 – channel for supplying air, which is under pressure; 6 – fitting; 7 – channel for supplying a mixture of air with solid particles; 8 and 10 – mesh holes; 9 – container for abrasive material; 11 – adjusting screw; 12 – trigger; 13 – position lock.

Fig. 1 – The schematic diagram of an experimental pistol-type device for micro-abrasive processing of agricultural machinery with the ability to adjust the angle of inclination of the output nozzle



Экспериментальное устройство пистолетного типа для микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники состоит из рукоятки 1, съемного сопла 2, наконечника-распылителя 3, передняя часть которого выполнена в виде шарнира, причем выходная часть рукоятки 1 и внутренняя полость сопла 2, соосно установленного на рукоятки 1, образуют камеру формирования смеси воздуха с твердыми частицами 4, канал 5 для подачи воздуха, который находится под давлением со штуцером 6, канал для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7 с сетчатыми отверстиями 8, емкость для абразивного материала 9 с сетчатыми отверстиями 10, регулировочный винт 11 и курок 12. При этом канал для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7 в части шарнирного соединения наконечника-распылителя 3 предусматривает систему разветвления каналов, оси которых расположены относительно друг друга в одной плоскости под определенным углом, а сопло 2 оснащено фиксатором положения 13.

Положительный результат при использовании экспериментального устройства пистолетного типа для микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники достигается следующим образом. Перед началом эксплуатации данного устройства его необходимо привести в рабочее состояние. На первоначальном этапе снимается сопло 2, затем через выходную часть рукоятки 1 емкость для абразивного материала 9 заправляется абразивным материалом. Далее корпус сопла 2 устанавливается на рукоятку 1 и вращением регулировочного винта 11 добиваются полного совпадения сетчатых отверстий 10 на емкости для абразивного материала 9 с сетчатыми отверстиями 8 в канале для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7. При этом от внешнего источника через штуцер 6 воздух, который находится под давлением, подается в канал 5.

При нажатии на курок 12 воздух, который находится под давлением, по каналу 5 подается в канал для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7. Через сетчатые отверстия 8 и 10 абразивный материал из емкости для абразивного

материала 9 поступает в воздушный поток и направляется по каналу для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7 в камеру формирования смеси воздуха с твердыми частицами 4. Далее через камеру формирования смеси воздуха с твердыми частицами 4 сформированная смесь воздуха с твердыми частицами «выбрасывается» из выходного отверстия сопла 2 на подготавливаемую поверхность. При этом определенное количество воздуха из канала для подачи воздуха 5, который находится под давлением, поступает в емкость для абразивного материала 9, где перемешивает абразивный материал, предохраняя его от уплотнения, а также создает определенное давление, которое способствует попаданию абразивного материала в канал для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7.

В случае возникновения потребности в микроабразивной обработке труднодоступных мест поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники необходимо «отпустить» зажим фиксатора положения 13 и повернуть корпус сопла 2 относительно наконечника-распылителя 3 вокруг общей оси вращения на определенный угол, который соответствует совпадению осей каналов для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7 и выходного отверстия корпуса сопла 2. При этом корпус сопла 2 переключает остальные два канала в части шарнирного соединения наконечника-распылителя 3. Далее микроабразивная обработка подготавливаемой поверхности продолжается в штатном режиме.

Для оценки эффективности применения рассматриваемого конструктивного решения проводились сравнительные исследования различных способов очистки сельскохозяйственных машин от загрязнений. В качестве объекта исследования были выбраны картофелеуборочные комбайны КПК 2-01, используемые в научно-производственной деятельности учебно-опытного хозяйства Рязанского ГАТУ. При проведении исследований использовалось измерительное оборудование, прошедшее в установленном порядке государственную поверку. В качестве исследуемых видов загрязнений выступали средне- и сильносвязанные загрязнения, характеристики которых приведены в таблице 1. Степень очистки оценивалась

Таблица 1 – Характеристика загрязнений сельскохозяйственных машин

| Классификация загрязнений     | Вид загрязнения  | Связь частиц загрязнений с поверхностью | Предел прочности, МПа | Условный коэффициент прочности |
|-------------------------------|--|---|-----------------------|--------------------------------|
| Маслянисто-грязевые           | Дорожная пыль, маслянистые остатки   | Средне-связные                          | 10 – 15               | 0,3                            |
| Старые лакокрасочные покрытия | Отслоенная краска, грязь   | Сильно-связные                          | 25 – 30               | 3                              |
| Технологические загрязнения   | Остатки смазочных и консервационных материалов, продукты износа, металлическая стружка, пыль | Средне-связные                          | 3 – 20                | 0,5                            |



|                      |  |                |         |     |
|----------------------|--|----------------|---------|-----|
| Продукты коррозии    | Пленка красновато-бурого цвета (гидрат окиси железа) | Сильно-связные | 35 – 40 | 4   |
| Растительные остатки | Грязь, солома, полова                                | Слабо-связные  | 5 – 10  | 0,2 |

Качество очистки оценивалось взвешиванием остаточных загрязнений. Чистый сухой тампон влажностью 15 % взвешивали на весах ВЛКТ-500г-М с точностью до 0,01 г, затем этим тампоном протирался эталонный участок, ограниченный трафаретной рамкой размером 200x200 мм. Далее тампон высушивали до влажности 15 %. Для этого применялась сушильная камера с термометром Ч-1966. Сушку тампона осуществляли при температуре 105° С в течение часа. После сушки тампон с остаточными загрязнениями повторно взвешивали. По полученным данным проводилась оценка качества очистки эталонного участка согласно ГОСТ 18206-78 [13].

Количество остаточных загрязнений на i-м эталонном участке производили по формуле [39]:

$$Q_{эi} = \frac{M - m}{S}$$

где  $Q_{эi}$  – количество остаточных загрязнений эталонного участка, г/м<sup>2</sup>;

$M$  – масса тампона после контрольной очистки им i-ого эталонного участка и высушивания, г;

$S$  – площадь эталонного участка, м<sup>2</sup>.

При проведении наружной очистки сельскохозяйственных машин оператор перемещал сопло экспериментального устройства параллельно очищаемой поверхности со средней скоростью 0,4 м/с на протяжении эталонного участка под углом 45 градусов к поверхности. В ходе исследований было проведено сравнение наиболее распространенных способов очистки сельскохозяйственных машин и определены их технико-эксплуатационные показатели, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований очистки картофелеуборочного комбайна КПК 2-01 от загрязнений

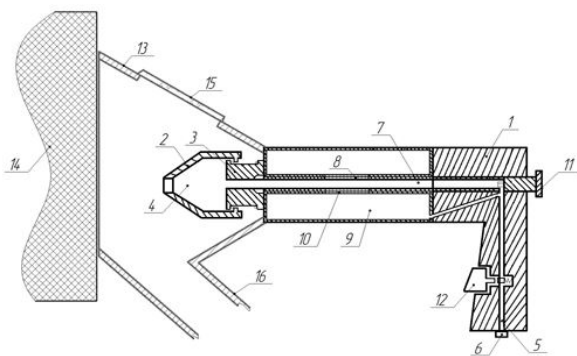
| № | Наименование способа очистки      | Марка установки для очистки | Оценочные показатели    |                                |   |  |                     | остаточное загрязнение, г / м <sup>2</sup> |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|---|--|---------------------|--|
|   |                                   |                             | трудоемкость, чел - час | расход электроэнергии, кВт / ч | расход рабочей жидкости, м <sup>3</sup> | затраты средства, руб / м <sup>2</sup> | время очистки, мин. |  |
| 1 | Очистка струями высокого давления | Oertzen 316C                | 0,85                    | 4,0                            | 1,25                                    | 28,9                                   | 63,9                | 0,79                                       |
| 2 | Гидроабразивная очистка           | Oertzen 200E                | 0,47                    | 4,7                            | 0,82                                    | 42,6                                   | 35,1                | 0,174                                      |
| 3 | Абразивно-струйная очистка        | Экспериментальная установка | 0,45                    | 4,9                            | -                                       | 37,8                                   | 30,7                | 0,137                                      |

Максимальная очистка поверхности от загрязнения может быть достигнута при использовании абразивно-струйного способа. Применение данного способа обеспечивает максимальную степень очистки в 2 раза быстрее технологии, основанной на удалении загрязнений струями высокого давления. Однако запыленность воздуха рабочей зоны оператора при использовании абразивно-струйного способа очистки достигает 50 г/м<sup>3</sup> и превышает предельно допустимую концентрацию в 2,5 раза, что оказывает негативное влияние на условия труда и здоровье оператора.

Для снижения уровня запыленности в рабочей зоне и улучшения условий работы оператора, а также снижения расхода абразивного материала предлагается оснастить конструкцию экспериментального устройства защитным экраном и каналом для сбора использованного абразива.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема экспериментального устройства пистолетного типа для микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники с защитным экраном [12].





1 – рукоятка; 2 – корпус сопла; 3 – наконечник-распылитель; 4 – камера формирования смеси воздуха с твердыми частицами; 5 – канал для подачи воздуха, который находится под давлением; 6 – штуцер; 7 – канал для подачи смеси воздуха с твердыми частицами; 8 и 10 – сетчатые отверстия; 9 – емкость для абразивного материала; 11 – регулировочный винт; 12 – курок; 13 – защитный экран; 14 – фрагмент подготавливаемой поверхности; 15 – смотровое окно, снабженное стеклом

Рис. 2 – Принципиальная схема экспериментального устройства пистолетного типа для микроабразивной обработки с защитным экраном  
1 – handle; 2 – nozzle body; 3 – spray tip; 4 – chamber for forming a mixture of air and solid particles; 5 – channel for supplying air, which is under pressure; 6 – fitting; 7 – channel for supplying a mixture of air with solid particles; 8 and 10 – mesh holes; 9 – container for abrasive material; 11 – adjusting screw; 12 – trigger; 13 – protective screen; 14 – fragment of the prepared surface; 15 – viewing window equipped with glass  
Fig. 2 – The schematic diagram of an experimental pistol-type device for micro-abrasive processing with a protective screen

Экспериментальное устройство пистолетного типа для микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники состоит из рукоятки 1, корпуса сопла 2, наконечника-распылителя 3, причем выходная часть рукоятки 1 и внутренняя полость корпуса сопла 2, соосно установленного на рукоятку 1 при помощи резьбового соединения, образуют камеру формирования смеси воздуха с твердыми частицами 4, канал для подачи воздуха 5, который находится под давлением, со штуцером 6, канал для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7 с сетчатыми отверстиями 8, емкость для абразивного материала 9 с сетчатыми отверстиями 10, регулировочный винт 11 и курок 12. При этом на рукоятку 1 установлен защитный экран 13, закрывающий собой сопло 2 и участок подготавливаемой поверхности 14, имеющий смотровое окно, снабженное стеклом 15, а в нижней части защитного экрана 13 расположен канал для сбора использованного абразивного материала 16.

Порядок подготовки рассматриваемого устройства к работе следующий. Необходимо снять сопло 2 и затем через выходную часть рукоятки 1 емкость для абразивного материала 9 заправляется

абразивным материалом. Далее с помощью резьбового соединения корпус сопла 2 устанавливается на рукоятку 1. Причем рабочий объем внутренней полости камеры формирования смеси воздуха с твердыми частицами 4 в данном случае можно изменять, то есть увеличивать или уменьшать за счет продольного перемещения корпуса сопла 2 при его навинчивании на рукоятку 1. Вращением регулировочного винта 11 добиваются полного совпадения сетчатых отверстий 10 на емкости для абразивного материала 9 с сетчатыми отверстиями 8 в канале для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7. При этом от внешнего источника через штуцер 6 воздух под давлением подается в канал 5.

При нажатии на курок 12 воздух под давлением по каналу 5 подается в канал для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7. Через сетчатые отверстия 8 и 10 абразивный материал из емкости для абразивного материала 9 поступает в воздушный поток и направляется по каналу для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7 в камеру формирования смеси воздуха с твердыми частицами 4. Далее через камеру формирования смеси воздуха с твердыми частицами 4 сформированная смесь воздуха с твердыми частицами «выбрасывается» из выходного отверстия сопла 2 на обрабатываемую поверхность 14. Причем определенное количество воздуха из канала для подачи воздуха 5 поступает в емкость для абразивного материала 9, где перемешивает абразивный материал, предохраняя его от уплотнения, а также создает определенное давление, которое способствует попаданию абразивного материала в канал для подачи смеси воздуха с твердыми частицами 7. При этом смесь воздуха с твердыми частицами (абразивный материал) и иными взвешенными частицами (загрязнения), которые образуются в процессе работы данного устройства, находятся в пространстве, ограниченном защитным кожухом 13 и участком обрабатываемой поверхности 14, а используемый абразивный материал, попадая в канал для сбора используемого абразивного материала 16, перерабатывается для повторного применения.

Визуальный контроль очистки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники, от разнообразных загрязнений осуществляется через смотровое окно, снабженное стеклом 15.

Применение экспериментального устройства пистолетного типа для микроабразивной обработки поверхности внешних сторон отдельных элементов сельскохозяйственной техники с защитным экраном позволит повысить безопасность и удобство эксплуатации устройства данного типа.

#### Выводы

Залогом эффективной работы сельскохозяйственной техники за весь эксплуатационный период является надлежащее техническое обслуживание и своевременный ремонт машин. Очевидно, что качественное выполнение этих технологических воздействий практически невозможно без предварительной тщательной очистки техники от различного рода загрязнений.



Проведенные сравнительные исследования различных технологий очистки сельскохозяйственных машин показали, что применение для удаления загрязнений абразивно-струйного (экспериментального) режима позволяет снизить время очистки одного комбайна в сравнении с применением струй воды высокого давления на 48 % при значительном снижении величины остаточного загрязнения обрабатываемых поверхностей. Применение гидроабразивной очистки позволяет достичь достаточно высокой степени удаления загрязнений, но при этом затраты средств на 1 м<sup>2</sup> очищаемой поверхности и время очистки на 12,7 % и 14,3 % соответственно превышают аналогичные показатели абразивно-струйной очистки. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что применение абразивно-струйной очистки поверхностей сельскохозяйственных машин является эффективным способом удаления загрязнений при сопоставимых энергетических и трудовых затратах.

Представленные в нашей работе конструктивные решения позволяют не только добиться повышения качества очистки загрязненных поверхностей машин за счет удаления грязи из труднодоступных мест, но и снизить концентрацию вредных продуктов очистки в окружающем воздухе, что, несомненно, будет способствовать улучшению условий труда оператора

#### Список источников

1. Совершенствование технологии хранения сельскохозяйственной техники / К.П. Андреев, К.А. Забара, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. – № 7. – С. 32-38. – DOI 10.31044/1684-2561-2020-0-7-32-38. – EDN HGMA5C.

2. Prevention of corrosion fracture of agricultural equipment during storage / K. Zabara, A. Shpak, A. Shemyakin [et al.] // E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года. Vol. 164. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 06002. – DOI 10.1051/e3sconf/202016406002. – EDN BPWSUB.

3. Рембалович, Г.К. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии / Г. К. Рембалович // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции, Майский, 12 апреля 2023 года. Том 4. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 182-183. – EDN MKRRH1.

4. Шемякин, А.В. Очистка двигателей сельскохозяйственных машин перед ремонтом (экспериментальные исследования) / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, Е.Г. Кузин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 171-175.

5. Ануриев, С.Г. Устройство для подготовки наружных поверхностей сельскохозяйственной техники к покраске / С. Г. Ануриев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев // Международный научный журнал.

– 2017. – № 2. – С. 85-89. – EDN YIZMYV.

6. Устройство для абразивно-кавитационной очистки техники / М.Б. Латышенко, А.В. Шемякин, И.В. Воробьева, Н.М. Тараканова // Ресурсосберегающие технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня: Материалы 12-й Международной научно-практической конференции: в 2-х частях, Санкт-Петербург, 13–16 апреля 2010 года. Том Часть 2. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2010. – С. 418-419. – EDN WSPHZR.

7. Блинов, С.Э. Применение природоподобных технологий для очистки сельскохозяйственной техники в АПК / С.Э. Блинов, А.В. Шемякин // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 3. – С. 36-44. – DOI 10.34286/1995-4646-2021-78-3-36-44.

8. Теоретическое исследование технологии мойки сельскохозяйственной техники вращающимися струями / А.В. Кирилин, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев, А.Н. Зазуля // Наука в центральной России. – 2019. – № 5 (41). – С. 49-60.

9. Современные способы повышения эффективности процесса очистки сельскохозяйственных машин / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев, Е.Г. Кузин // Международный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 95-99.

10. Ануриев, С.Г. Устройство для подготовки наружных поверхностей сельскохозяйственной техники к покраске / С.Г. Ануриев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев // Международный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 85-89.

11. Патент на полезную модель № 216615 U1 Российская Федерация, МПК В24С 7/00. Устройство для очистки сельскохозяйственной техники: № 2022128864: заявл. 07.11.2022: опубл. 15.02.2023 / А.В. Шемякин, В.А. Арефьев, В.В. Терентьев, Р.В. Безносюк; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_50273262\\_58366982.PDF](https://elibrary.ru/download/elibrary_50273262_58366982.PDF)

12. Патент на полезную модель № 216616 U1 Российская Федерация, МПК В24С 7/00. Устройство для очистки сельскохозяйственной техники: № 2022128865 : заявл. 07.11.2022 : опубл. 15.02.2023 / В.А. Арефьев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, Р.В. Безносюк ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_50273263\\_28261697.PDF](https://elibrary.ru/download/elibrary_50273263_28261697.PDF)

13. ГОСТ 18206-78. Машины для мойки тракторов, автомобилей и их составных частей [Текст]. – Введ. 01-01-1986. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 34 с.



Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### References

1. Sovershenstvovaniye tekhnologii khraneniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki / K.P. Andreyev, K.A. Zabara, V.V. Terent'yev, A.V. Shemyakin // *Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya*. – 2020. – № 7. – S. 32-38. – DOI 10.31044/1684-2561-2020-0-7-32-38. – EDN HGMAVC.
2. Prevention of corrosion fracture of agricultural equipment during storage / K. Zabara, A. Shpak, A. Shemyakin [et al.] // *E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 noyabrya 2019 goda. Vol. 164*. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 06002. – DOI 10.1051/e3sconf/202016406002. – EDN BPWSUB.
3. Rembalovich, G.K. Zashchita sel'skokhozyaystvennoy tekhniki ot korrozii / G. K. Rembalovich // *Vyzovy i innovatsionnyye resheniya v agrarnoy nauke: Materialy XXVII Mezhdunarodnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii, Mayskiy, 12 aprelya 2023 goda. Tom 4*. – Mayskiy: Belgorodskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni V.YA. Gorina, 2023. – S. 182-183. – EDN MKRRHI.
4. Shemyakin, A.V. Ochistka dvigateley sel'skokhozyaystvennykh mashin pered remontom (eksperimental'nyye issledovaniya) / A.V. Shemyakin, V.V. Terent'yev, Ye.G. Kuzin // *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. – 2017. – № 1. – S. 171-175.
5. Anur'yev, S.G. Ustroystvo dlya podgotovki naruzhnykh poverkhnostey sel'skokhozyaystvennoy tekhniki k pokraske / S. G. Anur'yev, A.V. Shemyakin, V. V. Terent'yev // *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. – 2017. – № 2. – S. 85-89. – EDN YIZMYV.
6. Ustroystvo dlya abrazivno-kavitatsionnoy ochistki tekhniki / M.B. Latyshenok, A.V. Shemyakin, I.V. Vorob'yeva, N.M. Tarakanova // *Resursosberegayushchiye tekhnologii remonta, vosstanovleniya i uprochneniya detaley mashin, mekhanizmov, oborudovaniya, instrumenta i tekhnologicheskoy osnastki ot nano- do makrourovnya: Materialy 12-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 2-kh chastyakh, Sankt-Peterburg, 13–16 aprelya 2010 goda. Tom Chast' 2*. – Sankt-Peterburg: Federal'noye gosudarstvennoye avtonomnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshogo obrazovaniya "Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskii universitet Petra Velikogo", 2010. – S. 418-419. – EDN WSPHZR.
7. Blinov, S.E. Primeneniye prirodopodobnykh tekhnologiy dlya ochistki sel'skokhozyaystvennoy tekhniki v APK / S.E. Blinov, A.V. Shemyakin // *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*. – 2021. – № 3. – S. 36-44. – DOI 10.34286/1995-4646-2021-78-3-36-44.
8. Teoreticheskoye issledovaniye tekhnologii moyki sel'skokhozyaystvennoy tekhniki vrashchayushchimisya struyami / A.V. Kirilin, A.V. Shemyakin, V.V. Terent'yev, K.P. Andreyev, A.N. Zazulya // *Nauka v tsentral'noy Rossii*. – 2019. – № 5 (41). – S. 49-60.
9. Sovremennyye sposoby povysheniya effektivnosti protsessa ochistki sel'skokhozyaystvennykh mashin / A.V. Shemyakin, V.V. Terent'yev, K.P. Andreyev, Ye.G. Kuzin // *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. – 2017. – № 2. – S. 95-99.
10. Anur'yev, S.G. Ustroystvo dlya podgotovki naruzhnykh poverkhnostey sel'skokhozyaystvennoy tekhniki k pokraske / S.G. Anur'yev, A.V. Shemyakin, V.V. Terent'yev // *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. – 2017. – № 2. – S. 85-89.
11. Patent na poleznuyu model' № 216615 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B24C 7/00. Ustroystvo dlya ochistki sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: № 2022128864 : zayavl. 07.11.2022 : opubl. 15.02.2023 / A.V. Shemyakin, V.A. Aref'yev, V.V. Terent'yev, R.V. Beznosyuk ; zayavitel' Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshogo obrazovaniya "Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet imeni P.A. Kostycheva". URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_50273262\\_58366982.PDF](https://elibrary.ru/download/elibrary_50273262_58366982.PDF)
12. Patent na poleznuyu model' № 216616 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B24C 7/00. Ustroystvo dlya ochistki sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: № 2022128865 : zayavl. 07.11.2022 : opubl. 15.02.2023 / V.A. Aref'yev, A.V. Shemyakin, V.V. Terent'yev, R.V. Beznosyuk ; zayavitel' Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshogo obrazovaniya "Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet imeni P.A. Kostycheva". URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_50273263\\_28261697.PDF](https://elibrary.ru/download/elibrary_50273263_28261697.PDF)
13. GOST 18206-78. Mashiny dlya moyki traktorov, avtomobiley i ikh sostavnykh chastey [Tekst]. – Vved. 01-01-1986. – M.: Izd-vo standartov, 1978. – 34 s.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.





### **Информация об авторах**

**Забара Константин Александрович**, ст. препод. кафедры гуманитарных дисциплин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1, zabara78@yandex.ru

**Терентьев Вячеслав Викторович**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1, vvt62ryazan@yandex.ru

**Киселев Виталий Александрович**, аспирант кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1.

### **Author information**

**Zabara Konstantin A.**, senior lecturer, Department of the Humanities, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Kostychev Str., 1, zabara78@yandex.ru

**Terentyev Vyacheslav V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Kostychev Str., 1, vvt62ryazan@yandex.ru

**Kiselev Vitaly A.**, graduate student, Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Kostychev Str., 1.

Статья поступила в редакцию 12.12.2023; одобрена после рецензирования 24.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 12.12.2023; approved after reviewing 24.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.







ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 631.1.016: 631.151: 631.151  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.80.18.015

О ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Наталья Алексеевна Костенко**<sup>1✉</sup>, **Никита Михайлович Костенко**<sup>2</sup>,  
**Александр Владимирович Шемякин**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>1</sup>kn340010@yandex.ru

<sup>2</sup>nikitakosten@yandex.ru

<sup>3</sup>avtodor-dec@ymail.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** В настоящее время в сельском хозяйстве имеется возможность получать большие объемы неструктурированных данных, однако не существует достаточного количества платформ для их накопления, систематизации и обработки. Имеется острая необходимость систематизации баз данных по продаже сельскохозяйственной продукции, запасных частей и расходных материалов сельскохозяйственной техники, оказанию различных услуг и сдаче в аренду техники и оборудования. Цель исследований – оценить возможность применения технологий Big Data для систематизации баз данных по продаже запасных частей и расходных материалов сельскохозяйственной техники.

**Методология.** В алгоритмах обработки больших данных в последнее время все чаще используют нейронные сети. Нейронная сеть строится из нейронов. Нейроны — это объекты, на вход которых подаются значения  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , после чего внутри происходит ряд вычислений и на выходе получается значение  $y$ . В машинном обучении используют генетические алгоритмы. Данные алгоритмы основаны на теории эволюции и естественном отборе. В этих алгоритмах сначала вычисляется приспособленность нейронной сети, то есть ее способность выдавать необходимый нам результат, на основании чего происходит размножение нейронных сетей в несколько копий, при этом с каждой из них происходит мутация (т. е. изменение параметров нейронной сети).

**Результаты.** Использование технологий Big Data может повысить эффективность обработки данных, связанных с изучением снабжения запасными частями сельскохозяйственной техники.

**Заключение.** Использование технологий Big Data позволяет улучшить качество управления за счет, во-первых, предоставления информации в достаточном объеме, во-вторых, существенного удешевления сбора необходимой информации, а в третьих, упрощения сбора большого количества статистических данных по многим, не связанным между собой хозяйствам, что позволяет производить более качественные научные исследования.

**Ключевые слова:** Big Data, базы данных, алгоритмы, нейронные сети, градиентный спуск, кластеры

**Для цитирования:** Костенко Н.А., Костенко Н.М., Шемякин А.В. О применении технологий big data в сельском хозяйстве // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №1. С. 114-118 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.80.18.015>

Original article

ABOUT APPLICATION OF BIG DATA TECHNOLOGIES  
IN AGRICULTURE

**Natalia A. Kostenko**<sup>1✉</sup>, **Nikita M. Kostenko**<sup>2</sup>, **Alexander V. Shemyakin**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>1</sup>kn340010@yandex.ru

<sup>2</sup>nikitakosten@yandex.ru



<sup>3</sup> avtodor-dec@yml.ru

### Abstract.

**Problem and purpose.** Currently, in agriculture it is possible to obtain large volumes of unstructured data, but there are not enough platforms for their accumulation, systematization and processing. There is an urgent need to systematize databases on the sale of agricultural products, spare parts and consumables for agricultural machinery, the provision of various services and the rental of machinery and equipment. The purpose of the research is to evaluate the possibility of using Big Data technologies to systematize databases for the sale of spare parts and consumables for agricultural machinery.

**Methodology.** Neural networks have recently been increasingly used in big data processing algorithms. A neural network is built from neurons. Neurons are objects whose input is the values  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , after which a series of calculations take place inside and the output is the value  $y$ . Machine learning uses genetic algorithms. These algorithms are based on the theory of evolution and natural selection. In these algorithms, the fitness of the neural network is first calculated, that is, its ability to produce the result we need, on the basis of which the neural network is multiplied into several copies, with each of them undergoing a mutation (i.e., a change in the parameters of the neural network).

**Results.** The use of Big Data technologies can improve the efficiency of data processing related to the study of the supply of spare parts for agricultural machinery.

**Conclusion.** The use of Big Data technologies makes it possible to improve the quality of management by, firstly, providing information in sufficient volume, secondly, significantly reducing the cost of collecting the necessary information, and thirdly, by simplifying the collection of a large amount of statistical data on many unrelated farms, which allows for higher quality scientific research.

**Key words:** Big Data, databases, algorithms, neural networks, gradient descent, clusters

**For citation:** Kostenko N.A., Kostenko N.M., Shemyakin A.V. About application of big data technologies in agriculture // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 1, P.114-118 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2024.80.18.015](https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.80.18.015)

### Введение

В настоящее время в сельском хозяйстве имеется возможность получать большие объемы неструктурированных данных, однако не существует достаточного количества платформ для их накопления, систематизации и обработки. Имеется острая необходимость систематизации баз данных по продаже сельскохозяйственной продукции, запасных частей и расходных материалов сельскохозяйственной техники, оказанию различных услуг и сдаче в аренду техники и оборудования.

Термин Big Data (или большие данные) используется в сфере информационных технологий для обозначения больших объемов структурированных и неструктурированных данных, которые могут получаться из разных источников, после чего обрабатываются набором алгоритмов [1].

Увеличение вычислительной мощности компьютеров и, как следствие, применение технологий Big Data позволило гораздо лучше управлять технологическими и прочими процессами в различных областях деятельности человека.

Сам термин Big Data является довольно условным. Не существует какого-то определенного предела, после которого можно считать, что программный продукт работает с большими данными. Это зависит от множества факторов: сферы применения, развития технологий и т. д.

Однако выделяют три признака больших данных (три V) [1]:

- Volume (пер. Объем) – большой объем получаемых данных,
- Velocity (пер. Скорость) – большая скорость поступления и обработки данных,
- Variety (пер. Разнообразие) – большая разнообразность данных. Например, часто приходится

иметь дело с неструктурированными данными, то есть с данными, которые не соответствуют заранее определенной модели. Также данные часто берутся из разных источников, включая СМИ, камеры наблюдения, различные датчики и так далее [3]. Выделяют также дополнительные признаки, но вышеперечисленные являются основными.

Из этих признаков видно, что работа с большими данными требует значительных вычислительных мощностей, объемов хранилищ информации, организованных в сложную систему.

Хранение информации должно происходить с большим разнообразием способов ее организации. Классические реляционные СУБД для этого слабо подходят. Одним из решений этой проблемы является архитектура баз данных под названием NoSQL. Для данной архитектуры характерны способность к горизонтальному масштабированию, а также отказ от строгой согласованности данных друг с другом [7].

При работе с большими данными требуются достаточно сложные алгоритмы для обработки исходных данных, умеющие работать с неструктурированными данными и способные производить вычисления с высокой скоростью. При этом необходимо правильно организовать параллельные вычисления. Сама система должна быть масштабируемой. В качестве наилучшего решения данных задач зарекомендовали себя кластеры. Кластер создает приложению иллюзию запуска на одном компьютере, когда на самом деле оно выполняется на нескольких компьютерах, объединенных в единый ресурсный пул. Стоит отметить, что уже существует несколько реализаций кластеров, построенных с использованием разных архитектур [7].



Цель исследований – оценить возможность применения технологий Big Data для систематизации баз данных по продаже запасных частей и расходных материалов сельскохозяйственной техники.

### Методы и методики

В алгоритмах обработки больших данных в последнее время все чаще используют нейронные сети. Это математическая модель, вдохновленная биологией нейронных клеток мозга, разработанная в 40-50-е годы XX века. Однако из-за недостаточности вычислительных мощностей компьютеров долгое время применялась весьма ограниченно [8].

Рассмотрим нейронные сети подробнее. Нейронная сеть строится из нейронов. Нейроны – это объекты, на вход которых подаются значения  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , после чего внутри происходит ряд вычислений и на выходе получается значение  $y$  [9]. Модель нейрона представлена на рисунке 1.

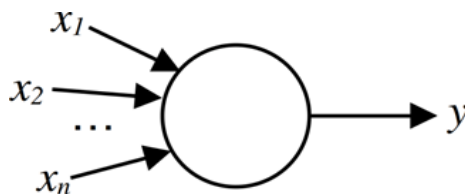


Рис. 1 – Модель нейрона  
Fig. 1 – Neuron model

Вычисления в нейроне происходят следующим образом.

Каждое входное значение умножается на некоторый весовой коэффициент  $w_i$ , после чего происходит сложение всех полученных значений. Это можно описать формулой (1) [9].

$$y = \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (1)$$

После данных вычислений могут применять к выходному значению функцию активации  $f_a$ . Данная функция нужна для добавления нелинейности модели нейрона. Однако для корректной работы функции активации необходимо прибавить смещение  $b$  [9].

$$\begin{aligned} y_{\Pi} &= \sum_{i=1}^n (w_i x_i) + b \\ y &= f_a(y_{\Pi}) \end{aligned} \quad (2)$$

Функцией активации может быть любая математическая функция. Часто применяют следующие: ступенчатая функция, линейная функция, логистическая функция. Сама нейронная сеть состоит из множества нейронов, расположенных слоями. Пример нейронной сети представлен на рисунке 2. Сеть состоит из нескольких слоев. Первый слой называется входным, последний – выходным, между ними может находиться несколько так называемых скрытых слоев. Также при применении функции активации выделяют отдельные слои – слои активации.

Из рисунка 2 можно понять, что на каждом слое выходные значения можно рассматривать как результат несколько линейных функций.

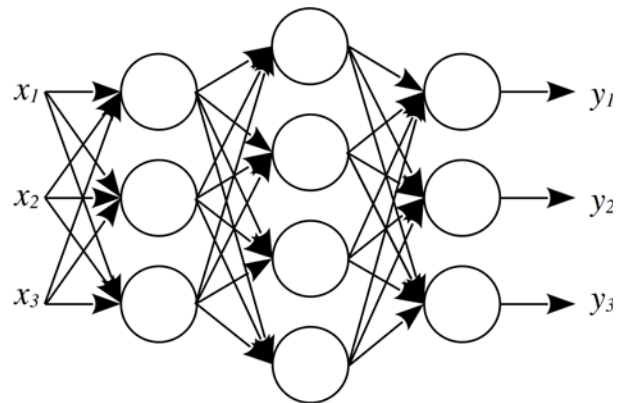


Рис. 2 – Нейронная сеть  
Fig. 2 – Neural network

$$\begin{aligned} y_1 &= \sum_{i=1}^n (w_{1i} x_i) + b_1 \\ y_2 &= \sum_{i=1}^n (w_{2i} x_i) + b_2 \\ &\vdots \\ y_m &= \sum_{i=1}^n (w_{mi} x_i) + b_m \end{aligned} \quad (3)$$

Формулу (3) можно записать также в матричной форме

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_{11}x_1 + w_{12}x_2 + \dots + w_{1n}x_n + b_1 \\ w_{21}x_1 + w_{22}x_2 + \dots + w_{2n}x_n + b_2 \\ \vdots \\ w_{m1}x_1 + w_{m2}x_2 + \dots + w_{mn}x_n + b_m \end{pmatrix} \quad (4)$$

или  $Y = WX + B$

где  $W (w_{m1} \ w_{m2} \ \dots \ w_{mn})$  – матрица весовых коэффициентов на данном слое нейронной сети;

$X (x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n)$  – вектор входных значений;

$Y (y_1 \ y_2 \ \dots \ b_m)$  – вектор выходных значений;

$B = (b_1 \ b_2 \ \dots \ b_m)$  – вектор смещений.

Использование данной математической модели позволяет строить функции практически любой сложности. Нейронные сети изначально разрабатывались для задач распознавания и классификации, хоть и нашли применение в задачах управления, прогнозирования и многих других. По этой причине они часто используются в обработке больших данных, так как в этой области часто приходится иметь дело с неструктурированными данными.

Главной сложностью при построении нейронной сети является нахождение весовых коэффициентов, что является задачей нелинейной оптимизации, и в общем случае не решается аналитически. Поэтому для нахождения коэффициентов применяют методы машинного обучения. Суть их заключается в том, чтобы на основе уже имеющихся входных данных, для которых мы знаем правильные выходные данные, обучить нейронную сеть нужным нам образом реагировать на любые входные данные.

Одним из алгоритмов, применяемых в машинном обучении, является алгоритм градиентного спуска. Это итерационный алгоритм. Он заклю-





чается в следующем. Пусть существует функция среднеквадратичной ошибки между текущим значением выходных данных  $Y(X)$  и известными нам выходными значениями  $A$  для данного  $X$  [9].

$$C(W, B) = \sum_{i=1}^m (y_i(X) - a_i)^2 \quad (5)$$

где  $a_i$  – координаты вектора  $A$ .

Функция  $C(W, B)$  является не отрицательной, а также если становится минимальной, то  $Y(X)$  для большинства входных данных работает корректно, поэтому можно попытаться свести задачу нахождения минимума к задаче следующего вида [9]:

$$C(W, B) \approx 0 \quad (6)$$

Для этого представим все значения матрицы  $W$  и вектора  $B$  в виде множества переменных

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$ , и попробуем найти приращение функции  $C(V)$ :

$$\Delta C(V) \approx \frac{\partial C}{\partial v_1} \Delta v_1 + \frac{\partial C}{\partial v_2} \Delta v_2 + \dots + \frac{\partial C}{\partial v_k} \Delta v_k \quad (7)$$

или

$$\Delta C(V) \approx \nabla C \cdot \Delta V \quad (8)$$

где  $\nabla C$  – градиент функции  $C(V)$ ,  $\Delta V = (\Delta v_1 \ \Delta v_2 \ \dots \ \Delta v_n)$  – вектор приращений для переменных  $V$ .

Поскольку  $\nabla C$  указывает на направление наибольшего роста, то для того чтобы найти приращение  $\Delta V$ , которое будет минимизировать функцию  $C(V)$ , мы можем использовать формулу [9].

$$\Delta V = -\eta \nabla C \quad (9)$$

где  $\eta$  – параметр, характеризующий шаг хода алгоритма.

Соответственно, чтобы минимизировать функцию  $C(V)$ , нам необходимо на каждом шаге итераций выполнять действие [9]:

$$V' = V - \eta \nabla C \quad (10)$$

где  $V'$  – новый вектор переменных после выполнения итерации алгоритма,

$V$  – вектор предыдущей итерации алгоритма.

### Результаты и обсуждение

Таким образом, алгоритм постепенно обучает нейронную сеть, находя необходимые ее параметры. В машинном обучении используют также генетические алгоритмы. Данные алгоритмы основаны на теории эволюции и естественном отборе. В этих алгоритмах сначала вычисляется приспособленность нейронной сети, то есть ее способность выдавать необходимый нам результат, на основании чего происходит размножение нейронной сети в несколько копий, при этом с каждой из них происходит мутация (т. е. изменение параметров нейронной сети). Затем также происходит вычисление приспособленности. Наименее приспособленные погибают. Наиболее приспособленные эффективнее размножаются. И так происходит несколько поколений [10].

Данные алгоритмы оптимизации довольно универсальны, но требуют невероятного большого вычислительных мощностей и поэтому не применяются для больших нейронных сетей.

Даже с учетом существования ряда готовых ре-

шений, построение системы обработки больших данных является сложной инженерной задачей, требующей большого количества ресурсов, а также большого количества специалистов из самых разных областей.

Однако, несмотря на подобные сложности, технологии на основе больших данных все чаще используются в различных областях человеческой деятельности. Сейчас технологии, построенные на Big Data, проникают и в сельскохозяйственную отрасль. Использование Big Data может значительно увеличить урожай и снизить потери на всех этапах. В сельское хозяйство внедряются различные технологии: средства геолокации (например GPS), сенсорные сети (часто построенные на протоколе Zig Bee [4]), спутниковый мониторинг и так далее. Это позволяет увеличить урожайность на 30 % [1].

Технологии Big Data можно использовать как на отдельных этапах сельскохозяйственного процесса, так и для значительных его частей. Сейчас активно развиваются различные проекты основанные на использовании достижений информационных технологий в данной отрасли. Примеры нескольких таких проектов:

SatAgro – Испанская компания, предоставляющая целый ряд услуг фермерам: услуги по мониторингу и анализу урожая на основе данных со спутников; ведение журнала событий; отслеживание погоды, состояния почвы; составление на основе полученных данных карты предписаний для обработки почвы и урожая, рекомендаций по ведению хозяйства, уведомлений и ряд других результатов. Обработка данных происходит на серверах компании, а владелец хозяйства получает необходимые ему данные через свой аккаунт в информационной системе компании [2].

Syngenta – Компания, использующая большие данные для выведения новых сортов сельскохозяйственных культур и повышения урожайности. Компания использует передовую аналитику и машинное обучение для обработки большого количества данных от полевых испытаний и генетических исследований, что позволяет выявлять наиболее удачные сорта. Аналитика применяется также для изучения различных болезней сельскохозяйственных культур; компания предоставляет программное обеспечение для ведения «умного хозяйства» [5].

Farmers Business Network – Американская компания, представляющая собой платформу для продажи семян различных культур. Компания собирает данные от фермеров, пользующихся платформой, а также данные о цене семян и их урожайности, после чего составляет рекомендации пользователям по покупке семян, что позволяет уменьшить их затраты [6].

### Заключение

Как видно из перечисленных примеров, использование технологий Big Data помогает решить ряд проблем. Использование данных технологий может повысить эффективность обработки данных, связанных с систематизацией баз данных по продаже запасных частей и расходных материалов сельскохозяйственной техники, оказанию различных услуг и сдаче в аренду техники и оборудования. Позволяет улучшить качество управления за счет, во-первых, предоставления информации в достаточном объеме, во-вторых, существенного удешевления сбора необходимой информации, а в-третьих, упрощения сбора большого количества статистических данных по многим, не связанным между собой хозяйствам, что позволяет производить более качественные на-





учные исследования.

#### Список источников

1. Big Data: applications in agriculture [Электронный ресурс] // International School of Agri Management — URL: <https://isam.education/en/big-data-applications-in-agriculture/>

2. Why us? [Электронный ресурс] // SatArgo URL: <https://satagro.net/#why-us> 3. Неструктурированные данные 2.0 [Электронный ресурс] // OSP — URL: <https://www.osp.ru/os/2012/04/130157724>. Всепроникающие сенсорные сети [Электронный ресурс] // Новости интернет вещей URL: <https://iot.ru/wiki/vsepronikayushchie-sensornye-seti>

5. О компании [Электронный ресурс] // Syngenta. — URL: <https://www.syngenta.ru/about-us>

6. Silicon Valley Startup Aims For Transparency, One Seed Price At A Time [Электронный ресурс]

// Internet Archive — URL: <https://web.archive.org/web/20201030160438/https://www.kcur.org/2019-04-11/silicon-valley-startup-aims-for-transparency-one-seed-price-at-a-time>

7. Eduard M. Управление большими данными, работа с поставщиками и защита информации // Машиностроение и смежные отрасли. 2014 № 4 С. 38

8. Нейронная сеть [Электронный ресурс] // Википедия — Свободная энциклопедия — URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейронная\\_сеть](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейронная_сеть)

9. Neural Networks and Deep Learning Neural Networks and Deep Learning [Электронный ресурс] — URL: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/index.html>

10. Genetic Algorithm in Machine Learning [Электронный ресурс] // Java Point — URL: <https://www.javatpoint.com/genetic-algorithm-in-machine-learning>

*Вклад авторов:*

*Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

#### References

1. Big Data: applications in agriculture // International School of Agri Management — URL: <https://isam.education/en/big-data-applications-in-agriculture/> (Date of access: 20.09.2023)

2. Why us? // SatArgo URL: <https://satagro.net/#why-us> (Date of access: 20.09.2023)

3. Nestrukturirovannye dannye 2.0 // OSP — URL: <https://www.osp.ru/os/2012/04/13015772>

4. Vsepronikayushchie sensornye seti // Novosti internet veshhej — URL: <https://iot.ru/wiki/vsepronikayushchie-sensornye-seti> 5. O kompanii // Syngenta — URL: <https://www.syngenta.ru/about-us>

6. Silicon Valley Startup Aims For Transparency, One Seed Price At A Time // Internet Archive — URL: <https://web.archive.org/web/20201030160438/https://www.kcur.org/2019-04-11/silicon-valley-startup-aims-for-transparency-one-seed-price-at-a-time>

7. Eduard M. Upravlenie bol'shimi dannymi, rabota s postavshhikami i zashhita informacii // Mashinostroenie i smezhnye otrasli. 2014 № 4 S. 38

8. Nejronnaja set' // Vikipedija — Svobodnaja jenciklopedija — URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейронная\\_сеть](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейронная_сеть)

9. Neural Networks and Deep Learning Neural Networks and Deep Learning — URL: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/index.html>

10. Genetic Algorithm in Machine Learning // Java Point — URL: <https://www.javatpoint.com/genetic-algorithm-in-machine-learning>

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

#### Информация об авторах

**Костенко Наталья Алексеевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры бизнес-информатики и прикладной математики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [kn340010@yandex.ru](mailto:kn340010@yandex.ru)

**Костенко Никита Михайлович**, магистрант 1 курса направления «Агроинженерия», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [nikitakosten@yandex.ru](mailto:nikitakosten@yandex.ru)

**Шемякин Александр Владимирович**, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, [avtdor-dec@yandex.ru](mailto:avtdor-dec@yandex.ru)

#### Author information

**Kostenko Natalya A.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Business Informatics and Applied Mathematics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, [kn340010@yandex.ru](mailto:kn340010@yandex.ru)

**Kostenko Nikita M.**, 1st year master's student in Agroengineering, [nikitakosten@yandex.ru](mailto:nikitakosten@yandex.ru)

**Shemyakin Alexander V.**, Doctor of Technical. Sciences, Professor, Professor of the Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, [avtdor-dec@yandex.ru](mailto:avtdor-dec@yandex.ru)

Статья поступила в редакцию 10.12.2023; одобрена после рецензирования 21.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 10.12.2023; approved after reviewing 21.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, № 1, с.119-124  
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16., № 1, pp. 119-124

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 631.356.4  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.58.66.016

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СОЕДИНЕНИИ «НИЗКОУГЛЕРОДИСТАЯ СТАЛЬ-КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ» КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН**

**Михаил Юрьевич Костенко**<sup>1✉</sup>, **Никита Сергеевич Жбанов**<sup>2</sup>,  
**Алексей Дмитриевич Чернышев**<sup>3</sup>, **Наталья Алексеевна Костенко**<sup>4</sup>,  
**Антон Алексеевич Желтоухов**<sup>5</sup>

<sup>1,4,5</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>2,3</sup> Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, г. Рязань, Россия

<sup>1</sup> km340010@rambler.ru

<sup>2</sup> zbanovnikita25@gmail.com

<sup>3</sup> aa777aa62@yandex.ru

<sup>4</sup> kn340010@yandex.ru

<sup>5</sup> superrazor101@gmail.com

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** Минимизировать отказы, а также повысить коррозионную стойкость рабочего органа возможно за счет его модернизации с применением новых технологий и моделей, а также современных инновационных материалов, имеющих наилучшие характеристики.

**Методология.** Для выполнения поставленной задачи было проведено исследование коррозионной стойкости сепарирующего рабочего органа картофелеуборочного копателя КТН-2В. Картофелеуборочный копатель, оснащенный прутковым полотном из композитного материала, эксплуатировался в хозяйствах ООО «Стенькино», ООО «Подсосенки» и ОАО «Авангард» в течение трех лет.

**Результаты.** Для минимизации коррозионных воздействий необходимо исключить свободное пространство внутри соединения композитного прутка с металлическим замком, что позволит избежать возникновения конденсата внутри замка и, как следствие, снизить коррозию элемента конструкции. Возможным является применение другого покрытия или другого способа крепления композитных прутков к резино-тканевым приводным ремням.

**Заключение.** Результаты исследования позволили увидеть полную картину поражения коррозией элементов конструкции, сопоставляя размерные характеристики коррозионного поражения на разных участках трубки замка композитных прутков.

**Ключевые слова:** композитные материалы, коррозия, картофелеуборочные машины

**Для цитирования:** Костенко М.Ю., Жбанов М. С., Чернышев А. Д., Костенко Н. А., Желтоухов А.А. Исследование коррозионных процессов в соединении «низкоуглеродистая сталь-композитный материал» картофелеуборочных машин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024.Т.16, №1, С.119-124 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2024.58.66.016](https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.58.66.016)

Original article

**RESEARCH OF CORROSION PROCESSES IN THE “LOW CARBON STEEL-COMPOSITE MATERIAL” CONNECTION OF POTATO HARVESTERS**

**Mikhail Yu. Kostenko**<sup>1✉</sup>, **Nikita S. Zhanov**<sup>2</sup>, **Alexey D. Chernyshev**<sup>3</sup>, **Natalya A. Kostenko**<sup>4</sup>,  
**Anton A. Zheltoukhov**<sup>5</sup>

© Костенко М.Ю., Жбанов М. С., Чернышев А. Д., Костенко Н. А., Желтоухов А.А., 2024 г.



<sup>1,4,5</sup> Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>2,3</sup> Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

<sup>1</sup> km340010@rambler.ru

<sup>2</sup> zbanovnikita25@gmail.com

<sup>3</sup> aa777aa62@yandex.ru

<sup>4</sup> kn340010@yandex.ru

<sup>5</sup> superrazor101@gmail.com

## Abstract.

**Problem and purpose.** It is possible to minimize failures and also increase the corrosion resistance of the working body through its modernization, using new technologies and models, as well as modern, innovative materials with the best characteristics.

**Methodology.** To accomplish this task, a study was carried out on the corrosion resistance of the separating working body of the KTN-2V potato harvester. A potato harvester equipped with a rod blade made of composite material was used on the farms of Stenkin LLC, Podsosenski LLC and Avangard JSC for three years.

**Results.** To minimize the corrosive effects, it is necessary to eliminate free space inside the connection of the composite rod with the metal lock, which will avoid the occurrence of condensation inside the lock and, as a result, reduce corrosion of the structural element. It is possible to use a different coating or a different method of attaching composite rods to rubber-fabric drive belts.

**Conclusion.** The results of the study made it possible to see the full picture of corrosion damage by comparing the dimensional characteristics of corrosion damage in different sections of the lock tube of composite rods.

**Key words:** composite materials, corrosion, potato harvesters

**For citation:** Kostenko M. Yu., Zhanov M. S., Chernyshev A. D., Kostenko H. A., Zheltoukhov A. A. Research of corrosion processes in the "low carbon steel-composite material" connection of potato harvesters // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P.119-124 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.58.66.016>

## Введение

В процессе производства картофеля нередко происходят отказы техники, что в первую очередь обусловлено воздействием значительных нагрузок, приходящихся на рабочие органы картофелеуборочных машин в процессе их функционирования [1]. Отказы зачастую являются следствием неспособности рабочих органов справляться с критическими нагрузками, возникающими при работе в неблагоприятных условиях [2]. Значительные перепады величин подачи клубненосного пласта и высокий диапазон влажности почвы влияют на производительность, а также надежность функционирования рабочих органов. Атмосферные воздействия ведут не только к абразивному изнашиванию рабочих органов картофелеуборочных машин, но и к их коррозии. Исходя из этого, особого внимания заслуживает вопрос повышения надежности и коррозионной стойкости элементов конструкций картофелеуборочных машин.

В результате исследований ученых: Н.В. Бышова, С.Н. Борычева, И.А. Успенского, Г.К. Ремболовича и др. было установлено, что наибольший процент отказов приходится на основной элеватор, что связано с тяжелыми условиями работы данного рабочего органа [3]. Минимизировать отказы, а также повысить коррозионную стойкость рабочего органа возможно за счет его модернизации с применением новых технологий и моделей, а также современных инновационных материалов, имеющих наилучшие характеристики [4]. Одной из наиболее перспективных конструкций основного сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин является прутковое полотно с гибкими прутками из композитного материала.

Данное конструктивное решение направлено на повышение эффективности рабочих органов сельскохозяйственных машин, а также способно повысить его надежность. Ранее в результате лабораторных испытаний были уточнены показатели надежности основного сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин с прутками из композитного материала. Установлено, что соединение композитных прутков с металлическими замками соответствует прочности клепочного соединения прутка с прорезиненными ремнями [5]. Стоит также отметить, что благодаря высокому модулю упругости и высокой пластичности прутков из композитного материала полотно сепарирующего элеватора способно выдерживать значительные нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации картофелеуборочных машин. Для внедрения нового материала, как элемента конструкции, необходимо определение износостойкости, а также коррозионной стойкости материала.

## Материалы и методы исследований

Для выполнения поставленной задачи было проведено исследование коррозионной стойкости сепарирующего рабочего органа картофелеуборочного копателя КТН-2В. Картофелеуборочный копатель, оснащенный прутковым полотном из композитного материала, эксплуатировался в хозяйствах ООО «Стенькино», ООО «Подсосенки» и ОАО «Авангард» в течение трех лет. Хранение картофелеуборочного копателя производилось на открытой площадке под навесом, и открытой площадке без навеса с предварительно проведенными работами по герметизации отдельных узлов. Объектами исследования были металлические замки и композитные прутки элеватора. Для

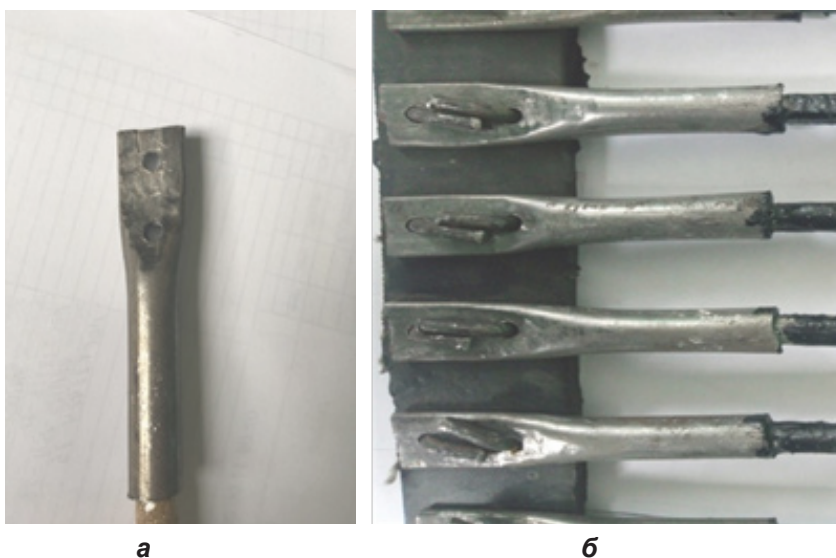




изготовления прутков сепарирующего элеватора использовалась арматура композитная полимерная (ГОСТ 31938-2012), диаметром 12 мм. Прутки закреплялись с шагом 41 мм к резино-тканевым приводным ремням (ГОСТ 1284.1-89), шириной 40 мм, посредством «металлических замков», выполненных из трубы стальной бесшовной холоднодеформированной (ГОСТ 8734-75). Труба имеет внутренний диаметр 10 мм и внешний диаметр 14,5 мм. Для соединения композитных прутков с «металлическими замками» использовалась смола эпоксидно-диановая неотвержденная, марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), которая наносилась на концы композитных прутков. Длина клеевого соединения составляла 45 мм. Прутки вставлялись в трубку (замок) с последующим обжимом пресс-

клещами. Противоположная сторона «металлических замков» аналогично подвергалась обжиму до достижения плоского профиля. Стоит отметить наличие технологических отверстий диаметром 6 мм на расстоянии 20 мм для металлических скоб, служащих креплением замков к резино-тканевым приводным ремням, (рис. 1 а, б).

Композитные прутки покрыты гидроизоляционной гидрофобной мастикой, которая, с одной стороны, позволяет снизить повреждения клубней и, с другой стороны, предотвратит старение (коррозионное воздействие). Нанесение гидроизоляционной мастики на композитные прутки и общий вид прутков с нанесенной мастикой представлены на рисунке 2 (а, б)



а – металлический замок;  
б – соединение металлических замков с резино-тканевыми приводными ремнями  
Рис. 1 – Общий вид крепления композитных прутков к резино-тканевым приводным ремням с применением металлических замков

a – metal lock; b – connection of metal locks with rubber-fabric drive belts  
Fig. 1 – General view of fastening composite rods to rubber-fabric drive belts using metal locks



а – нанесение гидроизоляционной мастики, б – композитные прутки покрытые гидроизоляционной мастикой  
Рис. 2 – Композитные прутки сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин

a – application of waterproofing mastic, b – composite rods coated with waterproofing mastic

Fig. 2 – Composite bars for separating elevator of potato harvesting machines

Следует отметить, что исследование коррозионной стойкости композитных прутков ранее не проводилось. Металлические замки, выполненные из холоднодеформированной трубки, не имеют дополнительного покрытия, что делает их чувствительными (восприимчивыми) к атмосферным воздействиям. Между собой прутки с металлическими замками закреплены жестко, в соот-

ветствии с установленными нормами прочности. Для исследования коррозионных процессов в соединении «низкоуглеродистая сталь-композитный материал», пруток вместе с элементами крепления – металлическими замками – отсоединяли от сепарирующего плотна элеватора картофелеуборочного копателя КТН-2В, в дальнейшем пруток извлекали из замков. Для установления масшта-

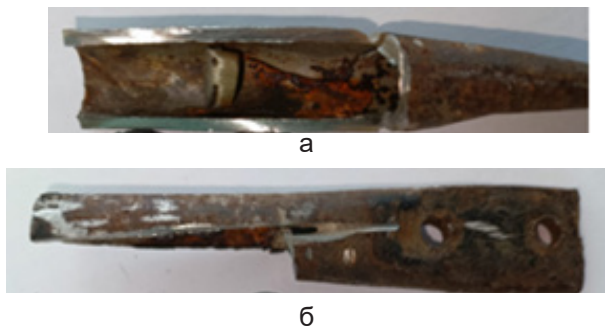




бов поражения (разрушения) металлических замков коррозионным воздействием производились четыре поперечных и один продольный распиловки замка в месте его соединения с композитным прутком. Также поперечному распиловке подвергались композитные прутки. В результате проведенных исследований определялся характер, степень разрушения, отмечался размер и область коррозионного поражения.

#### Результаты исследований

Сельскохозяйственная техника, в том числе картофелеуборочные машины, во время работы и хранения находятся под влиянием атмосферной коррозионной среды. Для углеродистых сталей наиболее характерна общая коррозия. В исследуемых металлических замках была зафиксирована сплошная, равномерная, поверхностная коррозия. В результате исследования разреза металлического замка зафиксирована коррозия на внутренней стенке, представленная пятном. Вид экспериментальных образцов после осуществления распилов представлен на рисунке 3 (а, б).



а – продольный распил металлического замка вид сверху; б – продольный распил металлического замка вид сбоку

Рис. 3 – Вид экспериментальных образцов после осуществления распилов

а – longitudinal cut of a metal lock, top view; б – longitudinal cut of a metal lock, side view

Fig. 3 – View of experimental samples after making cuts

Для уточнения размерных характеристик коррозионного поражения экспериментальных образцов было произведено четыре поперечных распила замка в месте его соединения с композитным прутком, также распиловке подлежал композитный пруток. Вид экспериментальных образцов после осуществления распилов представлен на рисунке 4 (а, б).

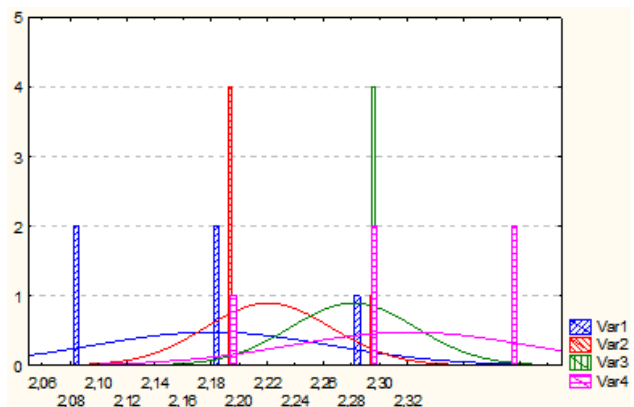
Измерение зоны поражения производилось при помощи гладкого микрометра МК-25. Были получены значения коррозионного поражения на каждом из четырех колец. Значения были ранжированы и внесены в программу Histogram of multiple variables. В результате была получена диаграмма коррозионного поражения трубки замка композитных прутков по нормальному закону распределения, представленная на рисунке 5.



а – поперечный распил металлического замка; б – поперечный распил композитного прутка  
Рис. 4 – Вид экспериментальных образцов после осуществления распилов

а – cross-section of a metal lock; б – cross-cut of a composite rod

Fig. 4 – View of experimental samples after making cuts



Var1 – кольцо 0-5 мм; Var2 – кольцо 5-10 мм; Var3 – кольцо 10-15 мм; Var4 – кольцо 15-20 мм  
Рис. 5 – Размерные характеристики коррозионного поражения трубки замка композитных прутков  
Var1 – ring 0-5 mm; Var2 – ring 5-10 mm; Var3 – ring 10-15 mm; Var4 – ring 15-20 mm

Fig. 5 – Dimensional characteristics of corrosion damage to the lock tube of composite rods

В результате анализа диаграммы определено, что значения коррозионного поражения трубки замка композитных прутков находятся в диапазоне 2,08-2,39. Было получено среднее арифметическое значение коррозионного поражения на каждом из экспериментальных образцов (колец), также было определено среднее квадратичное отклонение. Установлено, что наименьшее среднее арифметическое значение 2,18 имело экспериментальное кольцо №1 с соответствующим размером 0-5 мм, а наибольшее 2,32 имело кольцо №4 с размером 15-20 мм. При этом на кольцах №1 и №4 зафиксировано наибольшее среднее квадратичное отклонение, которое составило 0,0837. Экспериментальные кольца №2 и №3 имеют в сравнении с кольцом №4 меньшие средние арифметические значения коррозионного поражения: 2,22 и 2,28 соответственно, при этом они характеризуются наибольшей плотностью (сосредоточенностью) показателей, вследствие чего среднее квадратичное



отклонение на данных кольцах составило 0,0447.

В результате проведенных исследований было установлено, что коррозионные разрушения имеют сравнительно небольшую глубину, коррозия представлена в виде пятен. Для получения наиболее полной картины поражения коррозией «металлических замков» сопоставляли размерные характеристики коррозионного поражения на разных участках трубки замка композитных прутков, с учетом условий хранения картофелеуборочного копателя. В результате ранжирования размерных характеристик была получена диаграмма, представленная на рисунке 6.

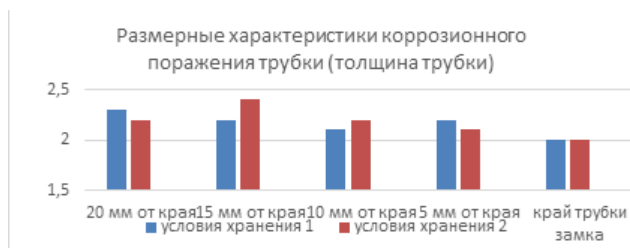


Рис. 6 – Размерные характеристики коррозионного поражения вдоль трубки замка композитных прутков в зависимости от условий хранения  
Fig. 6 – Dimensional characteristics of corrosion damage along the lock tube of composite rods depending on storage conditions

Стоит отметить, что на представленной диаграмме условие 1 хранения – хранение на открытой площадке под навесом, условие 2 хранения – хранение на открытой площадке без навеса. Проводя анализ диаграммы, установили, что наибольшее коррозионное поражение приходится на участок 15-20 мм от края трубки замка композитных прутков. Кроме того, наибольшее среднее значение коррозии зафиксировано при хранении картофелеуборочного копателя на открытой площадке без навеса.

#### Заключение

На исследуемых экспериментальных образцах зафиксирована сплошная, равномерная, поверхностная коррозия, которая имеют сравнительно небольшую глубину, представленную в виде пятен. Установлено, что наибольшее коррозионное

поражение приходится на участок 15-20 мм от края трубки замка композитных прутков при хранении картофелеуборочного копателя на открытой площадке без навеса. Необходимым является покрытие поверхности металлических замков гидроизоляционной гидрофобной мастикой или краской. Рекомендуется скорректировать толщину слоя мастики и равномерность ее распределения на композитных прутках для исключения непокрытых поверхностей. Для минимизации коррозионных воздействий необходимо исключить свободное пространство внутри соединения композитного прутка с металлическим замком, что позволит избежать возникновения конденсата внутри замка и, как следствие, снизить коррозию элемента конструкции. Возможным является применение другого покрытия или другого способа крепления композитных прутков к резино-тканевым приводным ремням.

#### Список источников

1. Специальная техника для производства картофеля в хозяйствах малых форм [Текст] / Колчин Н.Н., Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Рембалович Г.К. / Тракторы и сельхозмашины. 2012. - №5. с. 48-55.
2. Успенский И.А. Основы совершенствования технологического процесса и снижения энергозатрат картофелеуборочных машин [Текст] : дис... д-ра техн. наук : / Успенский И.А. – М., 1997. - 396 с.
3. Бышов Н.В. Перспективные направления и технические средства для снижения повреждений клубней при машинной уборке картофеля [Текст] / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, Г.К. Рембалович, В.Г. Селиванов / Техника и оборудование для села. 2013. – №8. –С. 22–24.
4. Костенко, М.Ю. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин. / М.Ю. Костенко. Дис... д-ра техн. наук. – Рязань, 2011. – 345 с.
5. Zhanov N.S. Improvement of the working bodies of the harvesting machines by means of the use of composite materials [text] / N.S. Zhanov, N.V.Byshov, G.C. Rembalovich, M.Y. Kostenko / BIO Web of Conferences 17. 2020.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### References

1. Spetsialnaya tekhnika dlya proizvodstva kartofelya v khozyaystvakh malykh form [Tekst] / Kolchin N.N., Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskiy I.A., Rembalovich G.K. / Traktory i selkhoz mashiny. 2012. - №5. s. 48-55.
2. Uspenskiy I.A. Osnovy sovershenstvovaniya tekhnologicheskogo protsessa i snizheniya energozatrat kartofeleuborochnykh mashin [Tekst] : dis...d-ra tekhn. nauk : / Uspenskiy I.A. – M., 1997. - 396 s.
3. Byshov N.V. Perspektivnye napravleniya i tekhnicheskie sredstva dlya snizheniya povrezhdeniy klubney pri mashinnoy uborke kartofelya [Tekst] / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspenskiy, G.K. Rembalovich, V.G. Selivanov / Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2013. – №8. –С. 22–24.
4. Kostenko, M.Yu. Tekhnologiya uborki kartofelya v slozhnykh polevykh usloviyakh s primeneniem



*innovatsionnykh resheniy v konstruktsii i obsluzhivanii uborochnykh mashin. / M.Yu. Kostenko. Dis... d-ra tekhn. nauk. – Ryazan, 2011. – 345 s.*

5. Zhbanov N.S. Improvement of the working bodies of the harvesting machines by means of the use of composite materials [text] / N.S. Zhbanov, N.V.Byshov, G.C. Rembalovich, M.Y. Kostenko / BIO Web of Conferences 17. 2020.

*Contribution of the authors:*

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

#### **Информация об авторах**

**Костенко Михаил Юрьевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, km340010@rambler.ru

**Жбанов Никита Сергеевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергетические системы и точное машиностроение», Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, zbanovnikita25@gmail.com

**Чернышев Алексей Дмитриевич**, канд. техн. наук, зав. кафедрой «Энергетические системы и точное машиностроение», Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, aa777aa62@yandex.ru

**Костенко Наталья Алексеевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный университет имени П.А. Костычева, kn340010@yandex.ru

**Желтоухов Антон Алексеевич**, препод. кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный университет имени П.А. Костычева, superrazor101@gmail.com

#### **Author information**

**Kostenko Mikhail Yu.**, Doctor of Technical. Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, km340010@rambler.ru

**Zhbanov Nikita S.**, Ph.D., Associate Professor, Department of Energy Systems and Precision Engineering, Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, zbanovnikita25@gmail.com

**Chernyshev Alexey D.**, Ph.D., Head. Department of Energy Systems and Precision Engineering, Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, aa777aa62@yandex.ru

**Kostenko Natalya A.**, Ph.D., Associate Professor, Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State University named after P.A. Kostychev, kn340010@yandex.ru

**Zheltoukhov Anton A.**, Lecturer at the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State University named after P.A. Kostychev, superrazor101@gmail.com

*Статья поступила в редакцию 11.12.2023; одобрена после рецензирования 24.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.*

*The article was submitted 11.12.2023; approved after reviewing 24.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.*





Научная статья  
УДК 637.131 / 536.2  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.28.99.017

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАГРЕВА ВОЗДУХА В СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ С ИНДУКЦИОННЫМ ЭНЕРГОПОДВОДОМ

Алексей Михайлович Осинцев <sup>1</sup>✉, Игорь Алексеевич Короткий <sup>2</sup>, Константин Борисович Плотников <sup>3</sup>, Виталий Васильевич Рынк <sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия

<sup>1</sup> olex1@mail.ru

<sup>2</sup> krot69@mail.ru

<sup>3</sup> k.b.plotnikov@mail.ru

<sup>4</sup> rynkv@yandex.ru

#### Аннотация.

**Проблема и цель.** Разработка доступных энергоэффективных систем, обеспечивающих качественную контролируемую сушку сельскохозяйственной продукции для улучшения качества ее послеуборочной обработки, является актуальной задачей. Целью данного исследования выбран анализ возможности определения оптимальной конструкции индукционного нагревателя для воздуха на основе его виртуального моделирования.

**Методология.** Для моделирования тепломассопереноса в потоке воздуха, обтекающего индукционно нагреваемые электропроводящие ферромагнитные детали конструкции, применялся программный комплекс COMSOL Multiphysics, позволяющий решать системы дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов. Для анализа использовалась цилиндрически симметричная модель в виде проточной трубы, внутри которой размещены две синфазно включенные плоские индукционные катушки и дополнительные ферромагнитные нагреватели.

**Результаты.** Проведен анализ влияния ферромагнитных элементов конструкции на распределение магнитного поля в рабочей области устройства. Исследовано распределение температуры в рабочей области индукционного нагревателя для объемных расходов воздуха от 75 л/мин до 1200 л/мин и подводимой к индуктору мощности от 0,5 кВт до 2 кВт. Показано, что оптимальный режим тепломассопереноса с максимальной эффективностью нагрева воздуха для данной модели соответствует диапазону расхода воздуха от 300 л/мин до 400 л/мин.

**Заключение.** Результаты исследования позволили сделать вывод о целесообразности использования численного моделирования виртуальных установок для индукционного нагрева воздуха при поиске оптимальных конструкций и режимов разрабатываемых устройств.

**Ключевые слова:** сушка сельхозпродукции, индукционный нагрев, численное моделирование

**Для цитирования:** Осинцев А. М., Короткий И. А., Плотников К. Б., Рынк В. В. Численное моделирование системы нагрева воздуха в сушильных установках с индукционным энергоподводом // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, № 1, С.125-132 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.28.99.017>

Original article

### NUMERICAL SIMULATION OF THE INDUCTION AIR HEATING SYSTEM FOR DRYING UNITS

Alexey M. Osintsev <sup>1</sup>✉, Igor A. Korotkiy <sup>2</sup>, Konstantin B. Plotnikov. <sup>3</sup>, Vitaly V. Rynk <sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

<sup>1</sup> olex1@mail.ru

<sup>2</sup> krot69@mail.ru

<sup>3</sup> k.b.plotnikov@mail.ru

<sup>4</sup> rynkv@yandex.ru



**Abstract.**

**Problem and purpose.** The development of affordable energy-efficient systems that provide high-quality controlled drying of agricultural products to improve the quality of their post-harvest processing is an urgent task. The purpose of this study is to analyze the possibility of determining the optimal design of an induction heater for air based on its virtual modeling.

**Methodology.** To simulate heat and mass transfer in an air flowing around inductively heated electrically conductive ferromagnetic structural parts, the COMSOL Multiphysics software package was used, which allows solving systems of partial differential equations using the finite element method. For the analysis, we used a cylindrically symmetrical model in the form of a flow pipe, inside of which two in-phase connected flat induction coils and additional ferromagnetic heaters are placed.

**Results.** An analysis of the influence of ferromagnetic structural elements on the distribution of the magnetic field in the working area of the device was carried out. The temperature distribution in the working area of an induction heater was studied for volumetric air flow rates from 75 l/min to 1200 l/min and power supplied to the inductor from 0.5 kW to 2 kW. It is shown that the optimal heat and mass transfer mode with maximum air heating efficiency for this model corresponds to the air flow range from 300 l/min to 400 l/min.

**Conclusion.** The results of the study allowed us to conclude that it is advisable to use numerical modeling of virtual installations for induction heating of air when searching for optimal designs and modes of the devices being developed.

**Key words:** drying of agricultural products, induction heating, numerical simulation

**For citation:** Osintsev A. M., Korotkiy I. A., Plotnikov K.B., Rynk V.V. Numerical simulation of the induction air heating system for drying units // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 1, P. 125-132 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.28.99.017>

**Введение**

Одной из важнейших задач, обеспечивающих продовольственную безопасность страны, является увеличение производства сельскохозяйственной продукции за счет улучшения качества послеуборочной обработки. Особое значение имеет технология сушки, которая в зонах с умеренным климатом является проблемным звеном в послеуборочной обработке зерновых и овощных культур. Поэтому разработка доступных энергоэффективных систем, обеспечивающих качественную контролируемую сушку сельскохозяйственной продукции, является крайне актуальной задачей [1].

Сухой горячий воздух широко используется в промышленности как для обогрева помещений, так и в процессе сушки [2, 3]. Обычно воздух подогревается либо горячим паром, либо с помощью электрических нагревателей. В первом случае требуются дорогостоящие теплообменники и нагревательные устройства для получения пара, которые часто используют органическое топливо. Во втором случае требуются, опять же, достаточно дорогие и недолговечные электронагревательные элементы, замена которых в системах нагрева достаточно трудоемкий процесс [4].

Индукционный нагрев давно используется для нагрева проводников вихревыми токами [5]. Эффект усиливается в том случае, если проводники обладают ферромагнитными свойствами [6]. В качестве примера можно привести нагрев, плавку или закалку стальных деталей. Косвенный нагрев непроводящих веществ также возможен [7, 8]. Например, хорошо известны проточные индукционные водонагреватели, в которых вода нагревается, протекая по находящейся внутри индуктора стальной трубе. Преимущество такого нагрева заключается в относительной дешевизне ферромагнитных стальных тепловыделяющих элементов по сравнению, например, с электронагревательными элементами. В принципе, возможен и

косвенный индукционный нагрев воздуха [9].

Из-за низкой теплопроводности воздуха эффективность его нагревания не очень высока [10, 11]. Увеличить интенсивность теплообмена в случае косвенного индукционного нагрева воздуха можно, например, снижая диаметр ферромагнитных труб и увеличивая их количество. Однако в этом случае сильно возрастает аэродинамическое сопротивление потоку воздуха, что требует дополнительной энергии для его прокачки. Кроме того, увеличение количества тонких ферромагнитных труб приводит к экранированию переменного магнитного поля для внутренней области теплообменника.

Можно попытаться найти оптимальную конструкцию индукционного теплообменника, в котором эффективный нагрев воздуха будет сочетаться с низким аэродинамическим сопротивлением. Однако экспериментальный поиск такой конструкции представляет собой крайне затратную проблему и едва ли экономически эффективен [12]. Возможно, именно по этой причине проблема индукционного нагрева потока воздуха является крайне слабоисследованной, что видно из списка значимых работ, посвященных данной теме.

Вместе с тем, наличие на современном этапе мощных систем, моделирующих мультифизические проблемы с помощью численного решения систем дифференциальных уравнений, позволяет существенно снизить затраты проектирования. Например, моделирование взаимосвязанных процессов индукционного нагрева, теплообмена и аэродинамики с помощью метода конечных элементов может быть осуществлено в рамках программного комплекса COMSOL Multiphysics. Кроме того, мощные источники переменного тока высокой частоты для питания индукторов стали в последнее время вполне доступными [13].

Целью данного исследования как раз и является оценка возможности использования численно-



го моделирования для создания оптимальной конструкции индукционного нагревателя для воздуха.

#### Материалы и методы исследования

Сложность теоретического рассмотрения задачи о косвенном индукционном нагреве воздуха заключается в решении связанных дифференциальных уравнений. Которые, с одной стороны, описывают теплообмен между локализованными источниками тепла в виде электрических проводников достаточно сложной формы и турбулентным воздушным потоком, а с другой, генерацию тепла в этих проводниках за счет джоулева тепла, выделяющегося при протекании в них вихревых токов, индуцируемых переменным магнитным полем.

Если электрический ток в катушке индуктора изменяется по гармоническому закону с циклической частотой  $\omega$ , то все электромагнитные величины также являются гармоническими функциями. Представляя величину напряженности магнитного поля в комплексной форме  $\tilde{\mathbf{H}} = \mathbf{H}_0 \exp(i\omega t)$ , систему уравнений Максвелла с использованием комплексного векторного потенциала  $\tilde{\mathbf{A}}$  можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \nabla \times \tilde{\mathbf{H}} &= \tilde{\mathbf{j}} + i\omega \tilde{\mathbf{D}}; \\ \tilde{\mathbf{B}} &= \nabla \times \tilde{\mathbf{A}}; \\ \tilde{\mathbf{E}} &= -i\omega \tilde{\mathbf{A}}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $\tilde{\mathbf{j}}$  – вектор плотности тока.  $\tilde{\mathbf{D}}$  – вектор электрического смещения,  $\tilde{\mathbf{B}}$  – вектор магнитной индукции,  $\tilde{\mathbf{E}}$  – вектор напряженности электрического поля,  $i = \sqrt{-1}$ ,  $\nabla$  – векторный дифференциальный оператор набла.

Задача о теплообмене решалась в стационарном приближении, то есть в результате решения определялось установившееся поле температур. В этом случае система уравнений, описывающих теплообмен, выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \rho c \mathbf{u} \cdot \nabla T + \nabla \cdot \mathbf{j}_q &= q, \\ \mathbf{j}_q &= -\kappa \nabla T, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха,  $c$  – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении,  $\mathbf{u}$  – вектор скорости потока воздуха,  $T$  – температура,  $\mathbf{j}_q$  – вектор плотности потока тепла,  $q$  – удельная мощность тепловых источников.  $\kappa$  – коэффициент теплопроводности.

Системы уравнений (1) и (2) связаны между собой уравнением, описывающим выделение тепла в проводниках:

$$q = \frac{1}{2} \operatorname{Re}(\tilde{\mathbf{j}} \cdot \tilde{\mathbf{E}}^*). \quad (3)$$

Численное решение системы уравнений осуществлялось методом конечных элементов стандартными средствами системы COMSOL Multiphysics. Были использованы два физических модуля «MagneticFields» и «HeatTransfer», а также мультифизический модуль «Electromagnetic Heating». Для решения был выбран квазистатиче-

ский режим «Frequency-Stationary».

Для упрощения и существенного ускорения расчетов использовалось двумерное осесимметричное представление трехмерной цилиндрической симметричной модели, показанной на рисунке 1. Например, в качестве плоской спиральной катушки использовалось ее замена в виде трех коаксиальных плоских круговых витков.

Исследуемая модель показана на рисунке 1. Для большей наглядности показан вариант с двумя ферромагнитными сетками. Воздушный поток ограничен внешней немагнитной, неэлектропроводной вертикальной трубой 1 (рис. 1b) с низким коэффициентом теплопроводности. В ней соосно расположены синфазно включенные катушки индуктора 2. Нагреваемые индукционно ферромагнитные сетки в виде плоских трехвитковых катушек 3 используются для увеличения площади теплового контакта с продуваемым воздухом. Внутренняя ферромагнитная труба 4, которая также нагревается индукционно, служит для увеличения площади теплового контакта системы и, кроме того, для экранирования переменного электромагнитного поля.

Теплофизические и электромагнитные свойства частей модели были выбраны из списка встроенных в COMSOL Multiphysics материалов: акриловая пластмасса (acrylicplastic) для внешней трубы, медь (copper) для катушки индуктора, железо (ferrum) для ферромагнитных частей системы и воздух (air) для нагреваемой среды.

В двух случаях встроенные значения физических величин были изменены. Для железа относительная магнитная проницаемость была заменена на 150 из-за ее существенного уменьшения с частотой [14], которая в нашем случае составляет 50 кГц. Теплопроводность воздуха была увеличена в 50 раз для того, чтобы учесть интенсивный конвективный теплообмен в турбулентном потоке воздуха в рамках модели средней скорости, подразумевающей среднее одинаковое значение скорости потока воздуха по всему поперечному сечению внешней трубы.

На цилиндрической границе области интегрирования было выбрано условие постоянной температуры внешней среды, равной 20° С. Также на этой границе было выбрано стандартное условие магнитной изоляции. Геометрические размеры модели определяются масштабирующим фактором, который для донного цикла исследований составил 10 см.

Следует отметить, что рассмотренная конструкция индукционного нагревателя воздуха может быть легко модифицирована даже в рамках выбранной простой модели. Например, достаточно просто осуществить масштабирование геометрии; внести или удалить дополнительные элементы конструкции, такие как индукционные катушки или ферромагнитные элементы; изменить состав и свойства материалов устройства.

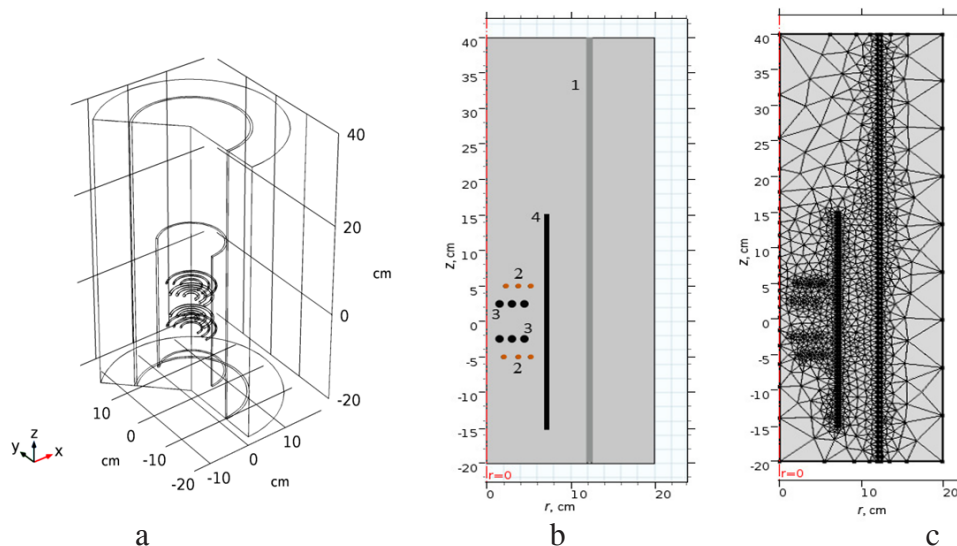


Рис. 1 – Геометрия модели. Трехмерное представление (а), двумерное осесимметричное представление (б), автоматически сгенерированная сетка (с).  
Fig. 1 – Model geometry. 3D view (a), 2D axisymmetric view (b), automatically generated mesh (c).

### Результаты исследований и их обсуждение

На рисунке 2 показаны результаты численного решения для распределения магнитного поля в случае, когда мощность, подводимая к индуктору, составляет 1 кВт. Необходимо отметить, что для представления результатов выбран режим, при котором магнитное поле свыше 0,4 мТл представлено одним (красным) цветом. При этом поле в геометрическом центре индукционных катушек

достигает величины 20 мТл, а вблизи внутренней стороны центрального витка – 70 мТл. Такое представление выбрано для того, чтобы, с одной стороны, выделить область относительно сильного поля, способного вызывать интенсивный индукционный нагрев ферромагнетиков, а с другой, продемонстрировать, насколько быстро меняется величина магнитного поля при удалении от катушек индуктора.

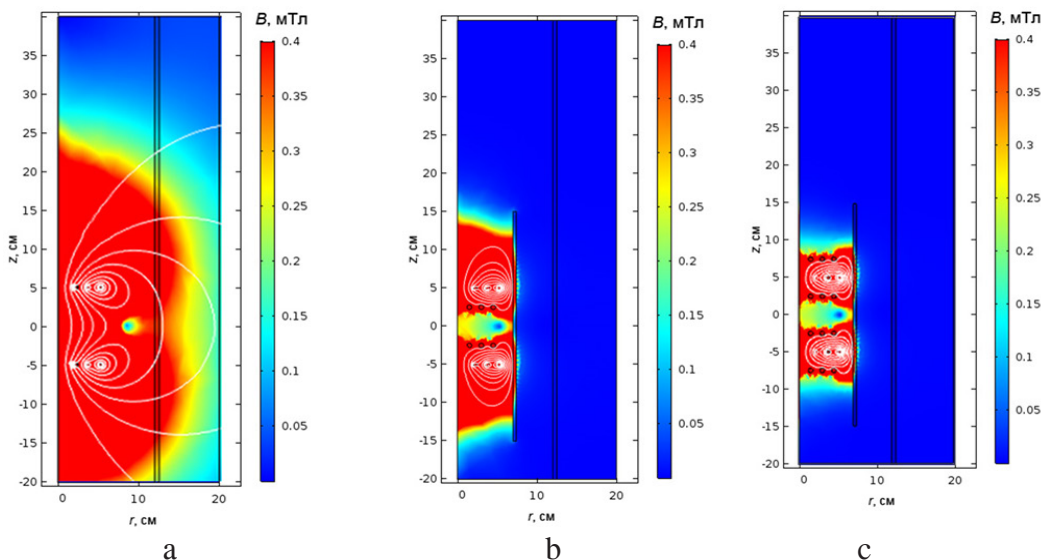


Рис. 2 – Распределение магнитного поля в рабочей области устройства. Модель без ферромагнитных элементов (а), модель с внутренней ферромагнитной трубой и двумя ферромагнитными сетками(б), модель с внутренней ферромагнитной трубой и четырьмя ферромагнитными сетками(с).  
Fig. 2 – Magnetic field distribution in the working area of the device. Model without ferromagnetic elements (a), model with an internal ferromagnetic pipe and two ferromagnetic grids (b), model with the internal ferromagnetic pipe and four ferromagnetic grids (c).

Как видно из рисунка 2b, магнитное поле с внешней стороны индукционных катушек также имеет достаточно большую величину и может быть использовано для индукционного нагрева дополнительной пары ферромагнитных сеток. После введе-

ния двух дополнительных ферромагнитных сеток магнитное поле оказалось локализованным в области, ограниченной ферромагнетиками (рис. 2с).  
Внутренняя ферромагнитная труба также сильно экранирует переменное электромагнит-



ное поле. Для сравнения на рисунке 2а показан вариант расчета магнитного поля, создаваемого катушками индуктора в отсутствии экранирования за счет ферромагнитных элементов. Ясно, что в последнем случае переменное магнитное поле частотой 50 кГц распространяется за пределы установки и при большой мощности может созда-

вать существенные электромагнитные помехи для различных электронных систем.

На рисунке 3 представлены результаты распределения температуры в потоке воздуха с объемным расходом 0,01 м<sup>3</sup>/с (600 л/мин) при подводимой к индуктору мощности 1 кВт для модельных устройств, показанных на рисунке 2.

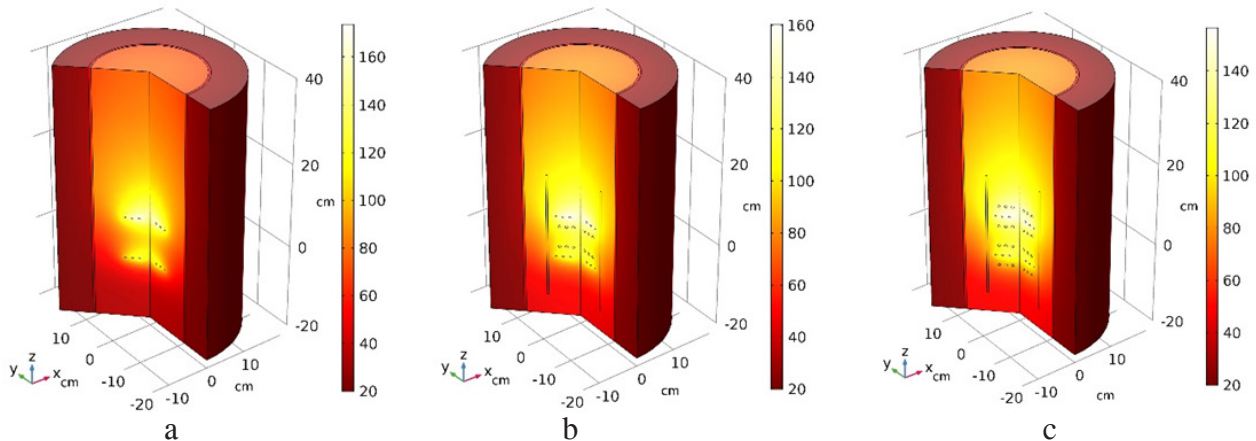


Рис. 3 – Распределение температуры (°C) в рабочей области устройства. Модель без ферромагнитных элементов (а), модель с внутренней ферромагнитной трубой и двумя ферромагнитными сетками (b), модель с внутренней ферромагнитной трубой и четырьмя ферромагнитными сетками (с).

Fig. 3 – Temperature distribution (°C) in the working area of the device. Model without ferromagnetic elements (a), model with the internal ferromagnetic pipe and two ferromagnetic grids (b), model with the internal ferromagnetic pipe and four ferromagnetic grids (c).

На первый взгляд, добавление ферромагнитных элементов в конструкцию устройства не сильно сказывается на эффективности нагрева воздуха. Средняя температура воздуха на выходе из системы составила соответственно 77,9° С, 80,1° С и 82,1° С для моделей без ферромагнит-

ных сеток, с двумя и четырьмя сетками. Однако анализ максимальной температуры нагревательных элементов показывает заметный перегрев рабочей области в случае отсутствия ферромагнитных элементов (рис. 4b).

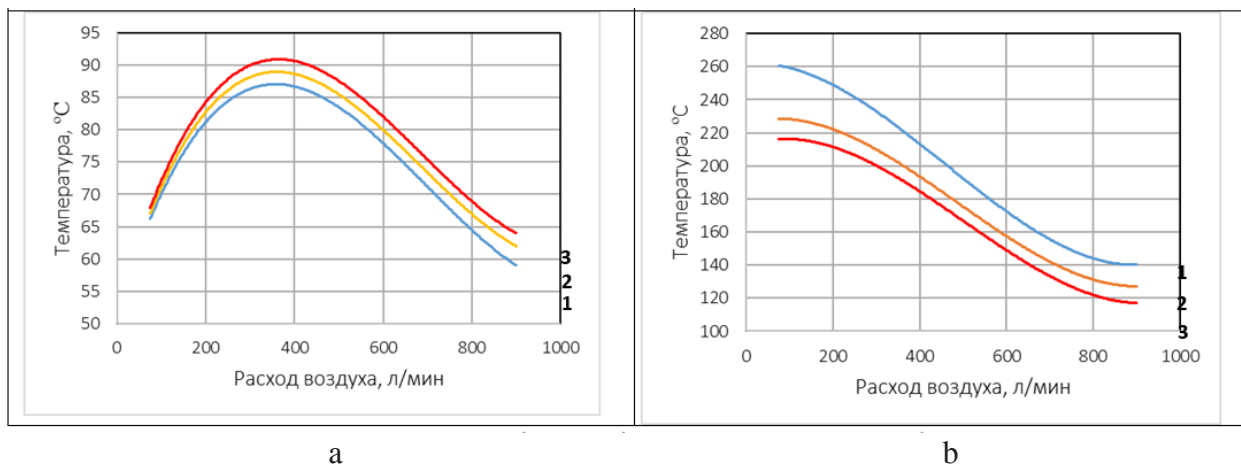


Рис. 4 – Зависимость температуры в рабочей области устройства от объемного расхода воздуха 1 – модель без ферромагнитных элементов; 2 – модель с двумя ферромагнитными сетками; 3 – модель с четырьмя ферромагнитными сетками

Средняя температура на выходе устройства (а), максимальная температура рабочей области. (b).

Fig. 4 – The working area temperature dependence on volumetric air flowrate 1 – model without ferromagnetic elements; 2 – model with two ferromagnetic grids; 3 – model with four ferromagnetic grids. Average temperature at the device outlet (a), maximum temperature in the working area (b)



Анализ зависимостей нагрева воздуха от его объемного расхода показывает их немонотонность. Как видно из рисунка 4а, максимальная средняя температура воздуха на выходе из устройства достигается в диапазоне расходов воздуха от 300 л/мин до 400 л/мин. Очевидно, что падение средней температуры при высоких расходах воздуха обусловлено тем, что большое количество воздуха не успевает нагреваться за время прохождения через нагревательные элементы. С другой стороны, при большом расходе нагревательные элементы охлаждаются более эффективно (рис. 4б).

Уменьшение средней температуры на выходе при малых расходах воздуха связано с потерей части тепла воздухом при прохождении по воздуховоду за счет теплообмена с окружающей сре-

дой. Кроме того, при малом расходе воздуха падает эффективность охлаждения нагревательных элементов.

Использование больших и меньших мощностей нагрева приводит к вполне ожидаемым эффектам. На рисунке 5 представлены результаты расчетов температурных полей в рабочей области модельного устройства при различных мощностях нагрева и расходах воздуха для самой производительной модели с четырьмя ферромагнитными сетками. Например, при уменьшении мощности, подводимой к индуктору, в два раза и оптимальном значении расхода воздуха (рис. 5а) средняя температура воздуха на выходе падает до незначительных  $52^{\circ}\text{C}$  при максимальной температуре нагревательных элементов  $106^{\circ}\text{C}$ .

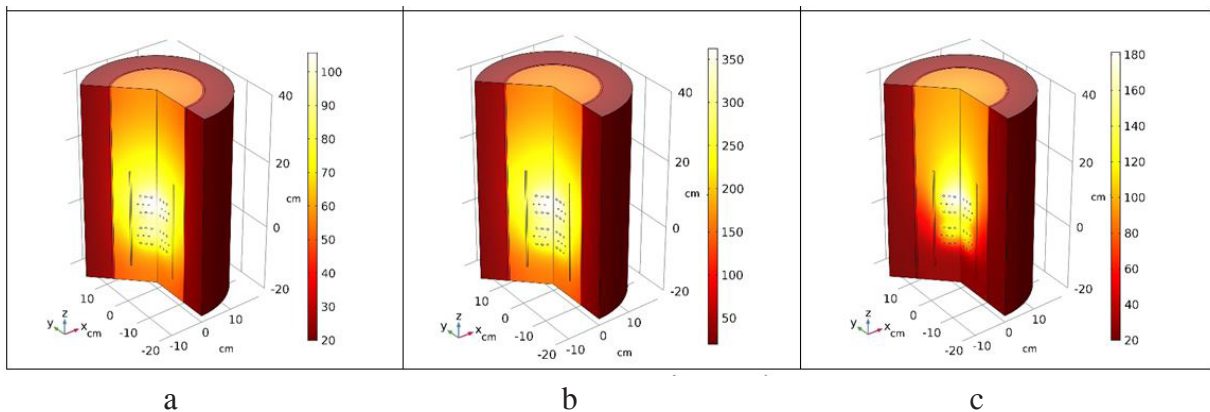


Рис. 5 – Распределение температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) в рабочей области устройства с четырьмя ферромагнитными сетками при различных мощностях, подводимых к индуктору. Мощность 0,5 кВт, расход 350 л/мин (а); мощность 2 кВт, расход 350 л/мин (б), мощность 2 кВт, расход 1200 л/мин (с).

Увеличение мощности нагрева до 2 кВт при оптимальном расходе увеличивает среднюю температуру воздуха на выходе до  $164^{\circ}\text{C}$ , а максимальную температуру до  $363^{\circ}\text{C}$  (рис. 5б). Повышение расхода воздуха до 1200 л/мин при той же мощности задает на выходе вполне приемлемую температуру  $91^{\circ}\text{C}$  при достаточно невысокой температуре нагревателя  $181^{\circ}\text{C}$  (рис. 5с).

#### Заключение

Данное исследование, в принципе, не нацелено на нахождение идеальной модели индукционного нагревателя для воздуха, а представляет, скорее, попытку проиллюстрировать возможности численного моделирования этого процесса с использованием современных программных средств, как способа уменьшения материальных затрат на поиск оптимальной конструкции индукционного нагревателя для воздуха.

1. В рамках исследования получены распределения магнитного поля частотой 50 кГц в рабочей области цилиндрически симметричного индукционного нагревателя, состоящего из коаксиально размещенных в трубе двух плоских трехвитковых индукционных катушек и нескольких дополнительных ферромагнитных элементов, служащих как для увеличения площади теплового контакта системы, так и для экранирования переменного

электромагнитного поля.

2. На основе моделирования удалось продемонстрировать, что имеется возможность магнитного экранирования области индуктора для устранения влияния переменного магнитного поля на окружающие электронные устройства за счет введения ферромагнитных элементов. Как следствие установлено, что наличие значительного количества ферромагнитных нагревательных элементов в индукторе нецелесообразно из-за их взаимного экранирования.

3. Рассчитаны распределения температуры в рабочей зоне в потоке воздуха с расходом от 75 л/мин до 1200 л/мин и электрической мощности, подводимой к индуктору от 0,5 кВт до 2 кВт.

4. Установлено, что для выбранной конструкции оптимальный режим теплопереноса с максимальной эффективностью нагрева воздуха соответствует объемному расходу воздуха в диапазоне от 300 л/мин до 400 л/мин.

Численное моделирование мультифизических процессов позволяет достаточно просто изменять конструкцию виртуального устройства с целью поиска оптимального варианта. Например, рассмотренная модель индукционного нагревателя воздуха может быть легко модифицирована даже в рамках выбранной простой модели: достаточно



просто осуществить масштабирование геометрии; внести или удалить дополнительные элементы конструкции, такие как индукционные катушки или ферромагнитные элементы; изменить состав и свойства материалов устройства.

Результаты нашего численного моделирования для достаточно простой цилиндрически симметричной задачи позволяют сделать вывод о целесообразности такого подхода.

#### Список источников

1. Энергоснабжение, технологические машины и оборудование агропромышленного комплекса : Монография / Е. Н. Неверов, И. А. Короткий, И. А. Бакин [и др.]. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2022. – 168 с. – ISBN 978-5-8353-2919-9.

2. Короткий, И. А. Определение режимов флюидизации при конвективной сушке черной смородины / И. А. Короткий, А. Н. Расщепкин, Д. Е. Федоров // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 12(99). – С. 215-219.

3. Короткий, И. А. Определение параметров флюидизации при конвективной сушке ягод дикорастущих растений / И. А. Короткий, А. Н. Расщепкин, Д. Е. Федоров // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2014. – № 5-6(341-342). – С. 76-79.

4. Короткий, И. А. Энергетическая эффективность низкотемпературных систем / И. А. Короткий, А. Н. Расщепкин // Молочная промышленность. – 2023. – № 2. – С. 54-57. – DOI 10.31515/1019-8946-2023-02-54-57.

5. Rynk V. V. Study of *Saccharomyces cerevisiae* activity in a submegahertz band magnetic field / V. V. Rynk, L. V. Permyakova, O. Yu. Lapshakova [et al.] // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – No. 4(24). – DOI 10.23649/jae.2022.4.24.05.

6. Osintsev A. M. Characterization of Ferromagnetic Composite Implants for Tumor Bed Hyperthermia / A. M. Osintsev, I. L. Vasilchenko, D. B. Rodrigues [et al.] // IEEE Transactions on Magnetics. – 2021. – Vol. 57, No. 9. – P. 9488171. – DOI 10.1109/TMAG.2021.3097915.

7. Lucía O. Induction Heating Technology and Its Applications: Past Developments, Current Technology, and Future Challenges. / O. Lucía, P.

Maussion, E. J. Dede [et al.] // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2014. – Vol 61, No. 5. – P. 2509-2520. – DOI 10.1109/TIE.2013.2281162.

8. Keleşoğlu A. A review on the evolution of induction fluid heaters. / Keleşoğlu A., Kanmaz N., Ünver H.M. [et al.] // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. – 2022. – V. 44. – P. 7949-7966. <https://doi.org/10.1080/15567036.2022.2118906>

9. Mansoor G, Experimental Design of an Innovative Electromechanical System for Induction Heating-Based Air Heating: Exploring Temperature Dynamics and Energy Efficiency. / G. Mansoor, Y. Che // Energies. – 2023. – V, 16, No.22. – P. 7573. – DOI 10.3390/en16227573

10. Короткий, И. А. Применение метода двух температурно-временных интервалов для определения теплофизических характеристик пищевых продуктов и материалов / И. А. Короткий, Е. В. Короткая // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2008. – № 2-3(303-304). – С. 109-111.

11. Короткий, И. А. Применение метода двух температурно-временных интервалов для определения теплофизических характеристик твердых, жидких и сыпучих материалов / И. А. Короткий // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 2(13). – С. 37-41.

12. Prosekov A. Yu. Impact of non-contact electromagnetic radiation on living organs and tissues / A. Yu. Prosekov, I. L. Vasilchenko, A. M. Osintsev [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2022. – V. 17, No. 13. – P. 1350-1357. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35271487/>

13. Analysis of energy consumption during convective drying of fruits and berries / I. Korotkiy, E. Neverov, L. Lifentseva, A. Raschepkin // E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021, Rostov-on-Don, 24–26 февраля 2021 года. Vol. 273. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202127307027.

14. Bowler N. Frequency-dependence of relative permeability in steel / N. Bowler // AIP Conference Proceedings. – 2006. – V. 820. – P. 1269-1276. – DOI 10.1063/1.2184670

*Вклад авторов:*

*Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

#### References

1. *Energosnabzhenie, tekhnologicheskie mashiny i oborudovanie agropromyshlennogo kompleksa : Monografiya* / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, I. A. Bakin [i dr.]. – Kemerovo : Kemerovskij gosudarstvennyj universitet, 2022. – 168 s. – ISBN 978-5-8353-2919-9.

2. Korotkiy, I. A. *Opredelenie rezhimov flyuidizatsii pri konvektivnoj sushke chernoj smorodiny* / I. A. Korotkiy, A. N. Rasshchepkin, D. E. Fedorov // *Vestnik KrasGAU*. – 2014. – № 12(99). – S. 215-219.

3. Korotkiy, I. A. *Opredelenie parametrov flyuidizatsii pri konvektivnoj sushke yagod dikorastushchih rastenij* / I. A. Korotkiy, A. N. Rasshchepkin, D. E. Fedorov // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*. – 2014. – № 5-6(341-342). – S. 76-79.

4. Korotkiy, I. A. *Energeticheskaya effektivnost' nizkotemperaturnyh sistem* / I. A. Korotkiy, A. N. Rasshchepkin // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2023. – № 2. – S. 54-57. – DOI 10.31515/1019-8946-2023-02-54-57.

5. Rynk V. V. *Study of Saccharomyces cerevisiae activity in a submegahertz band magnetic field* / V. V.



Rynk, L. V. Permyakova, O. Yu. Lapshakova [et al.] // *Journal of Agriculture and Environment*. – 2022. – No. 4(24). – DOI 10.23649/jae.2022.4.24.05.

6. Osintsev A. M. Characterization of Ferromagnetic Composite Implants for Tumor Bed Hyperthermia / A. M. Osintsev, I. L. Vasilchenko, D. B. Rodrigues [et al.] // *IEEE Transactions on Magnetics*. – 2021. – Vol. 57, No. 9. – P. 9488171. – DOI 10.1109/TMAG.2021.3097915.

7. Lucía O. Induction Heating Technology and Its Applications: Past Developments, Current Technology, and Future Challenges. / O. Lucía, P. Maussion, E. J. Dede [et al.] // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. – 2014. – Vol 61, No. 5. – P. 2509-2520. – DOI 10.1109/TIE.2013.2281162.

8. Keleşoğlu A. A review on the evolution of induction fluid heaters. / Keleşoğlu A., Kanmaz N., Unver H.M. [et al.] // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. – 2022. – V. 44. – P. 7949-7966. <https://doi.org/10.1080/15567036.2022.2118906>

9. Mansoor G, Experimental Design of an Innovative Electromechanical System for Induction Heating-Based Air Heating: Exploring Temperature Dynamics and Energy Efficiency. / G. Mansoor, Y. Che // *Energies*. – 2023. – V, 16, No.22. – P. 7573. – DOI 10.3390/en16227573

10. Korotkiy, I. A. *Primenenie metoda dvuh temperaturno-vremennykh intervalov dlya opredeleniya teplofizicheskikh harakteristik pishchevykh produktov i materialov* / I. A. Korotkiy, E. V. Korotkaya // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*. – 2008. – № 2-3(303-304). – S. 109-111.

11. Korotkiy, I. A. *Primenenie metoda dvuh temperaturno-vremennykh intervalov dlya opredeleniya teplofizicheskikh harakteristik tverdykh, zhidkiy i sypuchiy materialov* / I. A. Korotkiy // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. – 2009. – № 2(13). – S. 37-41.

12. Prosekov A. Yu. Impact of non-contact electromagnetic radiation on living organs and tissues / A. Yu. Prosekov, I. L. Vasilchenko, A. M. Osintsev [et al.] // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2022. – V. 17, No. 13. – P. 1350-1357. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35271487/>

13. Analysis of energy consumption during convective drying of fruits and berries / I. Korotkiy, E. Neverov, L. Lifentseva, A. Raschepkin // *E3S Web of Conferences : 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021, Rostov-on-Don, 24–26 февраля 2021 года*. Vol. 273. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202127307027.

14. Bowler N. Frequency-dependence of relative permeability in steel / N. Bowler // *AIP Conference Proceedings*. – 2006. – V. 820. – P. 1269-1276. – DOI 10.1063/1.2184670

*Contribution of the authors:*

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

#### **Информация об авторах**

**Осинцев Алексей Михайлович**, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры теплохладотехники, Кемеровский государственный университет, [olex1@mail.ru](mailto:olex1@mail.ru)

**Короткий Игорь Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой теплохладотехники, Кемеровский государственный университет, [krot69@mail.ru](mailto:krot69@mail.ru)

**Плотников Константин Борисович**, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем, Кемеровский государственный университет, [k.b.plotnikov@mail.ru](mailto:k.b.plotnikov@mail.ru)

**Рынк Виталий Васильевич**, ассистент кафедры теплохладотехники, Кемеровский государственный университет, [rynkv@yandex.ru](mailto:rynkv@yandex.ru)

#### **Author information**

**Osintsev Alexey M.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Heat and Refrigeration Engineering, Kemerovo State University, [olex1@mail.ru](mailto:olex1@mail.ru)

**Korotkiy Igor A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Heat and Refrigeration Engineering, Kemerovo State University, [krot69@mail.ru](mailto:krot69@mail.ru)

**Plotnikov Konstantin B.**, Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, Kemerovo State University, [k.b.plotnikov@mail.ru](mailto:k.b.plotnikov@mail.ru)

**Rynk Vitaly V.**, Assistant of the Department of Heat and Cooling Engineering, Kemerovo State University, [k.b.plotnikov@mail.ru](mailto:k.b.plotnikov@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 12.12.2023; одобрена после рецензирования 24.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 12.12.2023; approved after reviewing 24.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №1., с.133-140  
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №1, pp 133-140

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 629.3  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.48.32.018

**ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ ЕГО ОБРАБОТКЕ  
ВОЛНАМИ СВЧ ДИАПАЗОНА**

**Владислав Евгеньевич Сорокин**<sup>1✉</sup>, **Алексей Николаевич Бачурин**<sup>2</sup>,  
**Аркадий Анатольевич Симдянкин**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>1</sup> vlad2010se@yandex.ru

<sup>2</sup> bachurin62@mail.ru

<sup>3</sup> seun2006@mail.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** Целью исследования являлась оценка изменения кинематической вязкости, коэффициента поверхностного натяжения и температуры топлива в результате его обработки волнами СВЧ диапазона.

**Методология.** Основана на сравнении кинематической вязкости, коэффициента поверхностного натяжения и температуры дизельного топлива до и после его обработки волнами СВЧ диапазона. Рассмотрены изменения этих параметров при СВЧ обработке для различных исходных температур топлива и оценены их изменения в процессе остывания топлива до комнатной температуры.

**Результаты.** Показана возможность использования обработки дизельного топлива волнами СВЧ диапазона для целенаправленного изменения его характеристик.

**Заключение.** Предлагаемый способ обработки дизельного топлива волнами СВЧ диапазона может быть использован для управления характеристиками топлива, влияющими на экономичность и экологичность дизельного двигателя.

**Ключевые слова:** двигатель, дизельное топливо, СВЧ, кинематическая вязкость, коэффициент поверхностного натяжения, температура

**Для цитирования:** Сорокин В.Е., Бачурин А.Н., Симдянкин А.А. Изменение характеристик дизельного топлива при его обработке волнами СВЧ диапазона // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №1, С. 133-140 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.48.32.018>

Original article

**CHANGES IN THE CHARACTERISTICS OF DIESEL FUEL WHEN IT IS PROCESSED  
BY MICROWAVE WAVES**

**Vladislav E. Sorokin**<sup>1✉</sup>, **Alexey N. Bachurin**<sup>2</sup>, **Arkadii A. Simdiankin**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>1</sup> vlad2010se@yandex.ru

<sup>2</sup> bachurin62@mail.ru

<sup>3</sup> seun2006@mail.ru





### Annotation.

**Problem and purpose.** The purpose of the study was to assess changes in kinematic viscosity, surface tension coefficient and fuel temperature as a result of its treatment with microwave waves.

**Methodology.** Based on a comparison of kinematic viscosity, surface tension coefficient and temperature of diesel fuel before and after its treatment with microwave waves. Changes in these parameters during microwave treatment for different initial fuel temperatures are considered and their changes in the process of cooling the fuel to room temperature are assessed.

**Results.** The possibility of using diesel fuel treatment with microwave waves to purposefully change its characteristics has been shown.

**Conclusion.** The proposed method for processing diesel fuel with microwave waves can be used to control fuel characteristics that affect the efficiency and environmental friendliness of a diesel engine.

**Key words:** engine, diesel fuel, microwave, kinematic viscosity, surface tension coefficient, temperature

**For citation:** Sorokin V.E., Bachurin A. N., Simdiankin A.A. Changes in the characteristics of diesel fuel when it is processed by microwave waves // Herald of Ryazan State Agrotechnical University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P.133-140 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2024.48.32.018](https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.48.32.018)

### Введение

В России до конца 2023 года производство топлива для различных видов техники достигнет 131 млн тонн, из которых 88 млн тонн придется на дизельное топливо и 43 млн тонн на бензин, при этом на внутренний рынок будет поставлено 51 млн тонн дизельного топлива (ДТ) и 36 млн тонн бензина [5]. По данным Торгово-промышленной палаты (ТПП) России [12] в 2022 году для проведения полевых работ потребность АПК в дизельном топливе превысила 4,7 млн тонн: на весну пришлось 1,94 млн тонн, на осень – 2,76 млн тонн. При этом дизельное топливо остается одной основополагающих статей затрат, определяющих конечную цену продукции, поскольку оно потребляется на всех этапах как сельхозработ, так и последующей транспортировки продукции для хранения и реализации, и составляет, например, в растениеводстве 10-15 % от прямых затрат [6].

Снижению потребления дизельного топлива – согласно прогнозам ТПП с 4,7 млн тонн до 4,6 млн тонн – может способствовать применение альтернативных видов топлива, таких как жидкое биотопливо (биоэтанол, биодизель, биобутанол, диметилэфир), газообразное биотопливо (биогаз, биоводород), сжиженный природный газ (метан), водородное топливо и электроэнергия (ветрогенераторы) [13]. Хорошо видно, что замена этими видами топлива дизельного топлива сможет покрыть порядка 2 % общего объема потребления, что несущественно в нынешних условиях. Таким

образом, дизельное топливо останется определяющим фактором производства сельскохозяйственной продукции на ближайшие десятилетия и в условиях неуклонного роста цен на него (рис.1) все острее становится вопрос о его экономии.

Для снижения потребления топлива дизельными двигателями, как правило, сопровождающегося повышением их экологичности, наиболее часто применяют следующие способы: ультразвуковая обработка, омагничивание, электростатическая и электромагнитная обработка, воздействие волнами СВЧ диапазона. С точки зрения высокой мощности воздействия при малом времени обработки представляется перспективным исследовать воздействие волн диапазона СВЧ на основные характеристики дизельного топлива [9,14].

При использовании СВЧ излучения необходимо принимать во внимание возможную деструкцию молекул дизельного топлива и межмолекулярных соединений его компонентов. Поэтому время и мощность СВЧ излучения будут существенно влиять на характеристики полученной «композиции», при этом она не должна существенно отличаться от исходной – в противном случае придется оптимизировать камеру сгорания для топлива, фактически, с другими характеристиками, и перенастраивать топливоподающую аппаратуру. Кроме того, при длительном воздействии СВЧ излучения, вызывающем нагрев топлива, возможно образование «тяжелых» компонентов, усиливающих коксообразование при сгорании топлива [3].



Рис.1 – График изменения мелкооптовых цен ПАО «Газпром нефть» на дизельное топливо при отгрузках с Московского НПЗ [7]

Fig.1 – Changes of small wholesale prices of PJSC Gazprom Neft for diesel fuel during shipments from the Moscow Refinery

### Материалы и методы исследования

К исследуемым характеристикам дизельного топлива были отнесены следующие.

1. Кинематическая вязкость, которая является удельным коэффициентом внутреннего трения, регламентируется стандартом ГОСТ 305-2013



при 20° С [1]: для летнего (Л) и межсезонного (Е) – 3,0-6,0 сСт; для зимнего (З) – 1,8-5,0 сСт; для арктического (А) – 1,5-4,0 сСт. Физический смысл состоит в способности соседних слоев топлива противодействовать перемещению одного слоя относительно другого. Если кинематическая вязкость превышает установленные стандартом показатели, то ухудшается эффективность распыления форсунок за счет образования больших по размерам капель топлива. В результате увеличивается продолжительность горения и ухудшается полнота сгорания топлива, что приводит к повышенному закоксовыванию форсунок и деталей цилиндропоршневой группы.

2. Коэффициент поверхностного натяжения, который является мерой внутренней энергии [11,16], может быть интерпретирован как энергия в джоулях, необходимая для разрыва единицы поверхности жидкости. Следовательно, чем выше коэффициент поверхностного натяжения, тем больше энергии «запасено» в капле топлива, попадающего в камеру сгорания дизельного двигателя, а, значит, тем на большее расстояние разлетятся ее молекулы при разрыве капли, что позволит улучшить перемешивание топлива с воздушным зарядом и сформировать более качественную топливовоздушную смесь [15].

Кроме того, в процессе исследований кинематической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения дизельного топлива контролировалось изменение его температуры, которая существенно влияет на эти показатели (повышение температуры приводит к понижению их значений) [4].

Программа исследований включала следующие пункты.

1. Заполнить 4 одинаковые емкости, вмещающие 200 миллилитров жидкости, 50 мл дизельного топлива ЕВРО, летнее, сорта С, экологического класса К5 марки ДТ-Л-К5.

2. Первую емкость вместе с топливом охладить до 4-5° С; вторую использовать при температуре 18±2° С; третью предварительно нагреть до 50° С; топливо в четвертой емкости нагревали на водяной бане.

3. Провести измерения коэффициента поверхностного натяжения и кинематической вязкости топлива, размещенного в емкостях (измерения производятся сразу после доведения температуры до указанных значений).

4. Выставить мощность микроволнового излучателя 350 Вт и осуществить воздействие в течение 90 с на размещенную в зоне излучения емкость. Извлечь емкость и провести измерение коэффициента поверхностного натяжения и кинематической вязкости сразу после истечения 90 с.

5. Провести измерения коэффициента поверхностного натяжения и кинематической вязкости топлива в трех оставшихся емкостях сразу после воздействия СВЧ излучения в течение 90 с.

6. Провести замеры коэффициента поверхностного натяжения и кинематической вязкости топлива, размещенного во всех четырех емкостях, по истечении 0,5 ч; 1 ч и 24 ч.

Для проведения экспериментальных исследований использовалась микроволновая печь LG ms-2021с для СВЧ воздействия на дизельное топливо, ртутный термометр для определения температуры дизельного топлива, вискозиметр для прозрачных жидкостей ВПЖ-2 с диаметром трубки 0,56 мм для определения кинематической вязкости (рис.2) и бюретка для определения коэффициента поверхностного натяжения (рис.3).

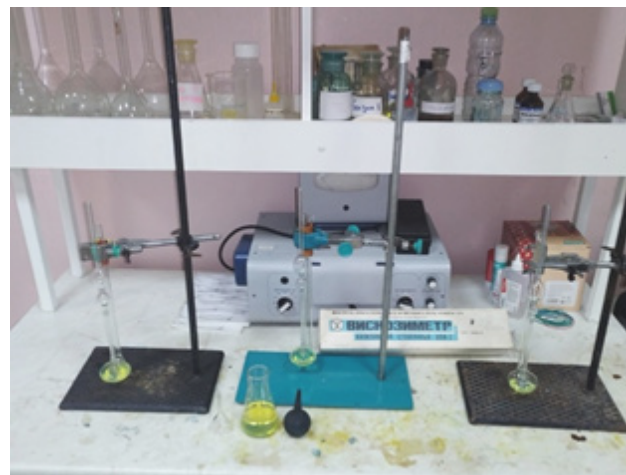


Рис.2 – Вискозиметр ВПЖ-2  
Fig.2 – Viscometer VPJ-2



Рис.3 – Бюретка  
Fig.3 – Burette

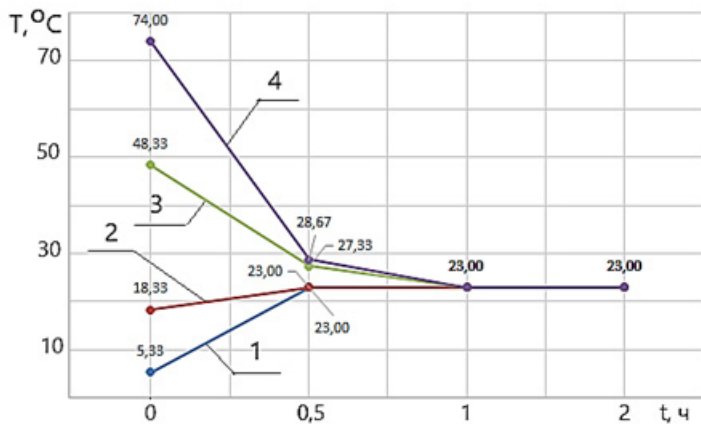
Все эксперименты проводились трижды, после чего результаты замеров статистически обрабатывались с помощью MS Excel.



**Результаты исследований и их обсуждение**

Рассмотрим изменение температуры дизельного топлива после окончания воздействия СВЧ излучения на него (рис.4). Временной диапазон был уменьшен с 24 ч до 2 ч, поскольку, как показа-

ли замеры, изменение температуры до комнатной после воздействия СВЧ излучения мощностью 350 Вт в течение 90 с происходит в период длительностью не более двух часов.



1 – при средней начальной температуре 5,33° С;  
 2 – при средней начальной температуре 18,33° С; 3 – при средней начальной температуре 48,33° С; 4 – при средней начальной температуре 74° С

Рис.4 – Изменение температуры дизельного топлива в течение двух часов после воздействия СВЧ излучения

1 – average initial temperature 5,33° С; 2 – average initial temperature 18,33° С; 3 – average initial temperature 48,33° С; 4 – average initial temperature 74° С

Fig.4 – Changing of diesel fuel temperature within 2 hours after exposure to microwave radiation

Для аппроксимации зависимостей 1-4 были применены полиномиальные регрессионные уравнения второй степени  $y=ax^2+bx+c$  [8], которые представлены в таблице 1 для описания процессов остывания/нагрева ДТ от начальной температуры до комнатной.

Таблица 1 – Регрессионные уравнения, описывающие процесс остывания/нагрева дизельного топлива

| Температура ДТ до обработки волнами СВЧ диапазона (50 мл), ° С | Зависимость температуры (T, ° С) от времени (t, ч) | Коэффициент парной корреляции (R) | Критерий Фишера  |                            | Средняя ошибка аппроксимации (A, %) |
|--|--|-----------------------------------|------------------|----------------------------|-------------------------------------|
|  |  |                                   | F <sub>выч</sub> | F <sub>табл</sub> (α=0,05) |                                     |
| 5,33   | T1(t) = -11,25t <sup>2</sup> + 30,36t + 6,78       | 0,9439                            | 16,33            | 7,71                       | 13,6                                |
| 18,33  | T2(t) = -2,97t <sup>2</sup> + 8,02t + 18,71        |                                   |                  |                            | 3,1                                 |
| 48,33  | T3(t) = 14,55t <sup>2</sup> - 41t + 47,2           |                                   |                  |                            | 6,5                                 |
| 74   | T4(t) = 30,39t <sup>2</sup> + 84,33t + 71,06       |                                   |                  |                            | 13,8                                |

Полученные уравнения с высокой достоверностью описывают процессы остывания дизельного топлива с различной начальной температурой после воздействия СВЧ излучения в течение 90 секунд – все уравнения значимы, а средняя ошибка аппроксимации не превышает 13,8 %.

Оценим изменения коэффициентов a, b и c в исследуемом температурном диапазоне – 5,33-74° С (рис.5). Из рисунка 5 хорошо видно, что коэффициенты уравнений изменяются по линейному закону (табл.2).

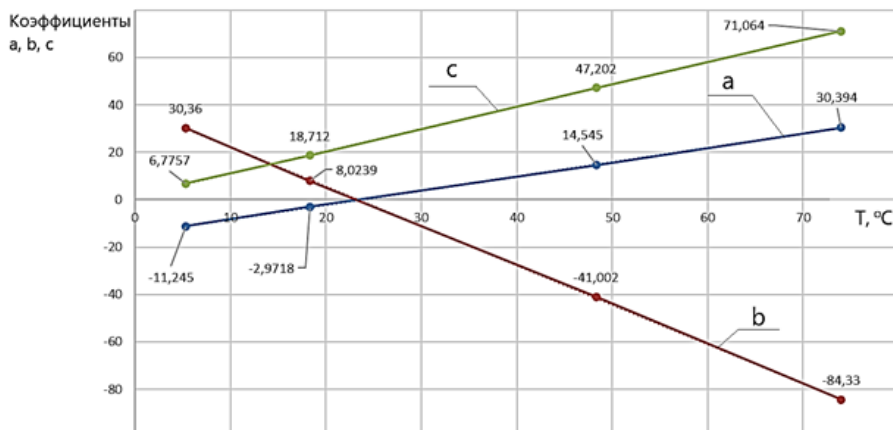


Рис.5 – Изменение коэффициентов a, b и c в зависимости от температуры ДТ  
 Fig.5 – Changes in coefficients a, b and c depending on diesel fuel temperature



Таблица 2 – Регрессионные уравнения, описывающие изменения коэффициентов а, b и с

| Изменение коэффициентов а, b и с от (Т,°С) | Коэффициент корреляции (R) | Критерий Фишера  |                            | Средняя ошибка аппроксимации (А,%) |
|--|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------------------------|
|  |                            | F <sub>выч</sub> | F <sub>табл</sub> (α=0,05) |                                    |
| a(T) = 0,603Т - 14,316                     | 0,9999                     | 11996,08         | 7,71                       | 2,9                                |
| b(T) = -1,664Т + 39,005                    | -0,9999                    | 39076,45         |                            | -1,6                               |
| c(T) = 0,938Т + 1,689                      | 0,9999                     | 176255,98        |                            | 0,4                                |

Можно было бы составить прогноз изменения коэффициентов а, b и с в области низких температур и оценить время, необходимое для разогрева ДТ до температуры, являющейся наиболее благоприятной для запуска дизеля. Однако расчет средней ошибки аппроксимации по найденному регрессионному уравнению  $A(T) = 0,0082T^2 - 0,614T + 14,819$  показывает, что ее величина существенно возрастает в области от-

рицательных температур, достигая значения 30,4 % при  $-20^{\circ}\text{C}$  (рис.6). Тем не менее, этот способ предоставляет возможность прогнозирования времени воздействия СВЧ излучения на ДТ с целью его разогрева до рекомендуемых температур при пуске дизеля.

Изменение кинематической вязкости ДТ в течение 24 ч после его обработки волнами СВЧ диапазона приведено в таблице 3.

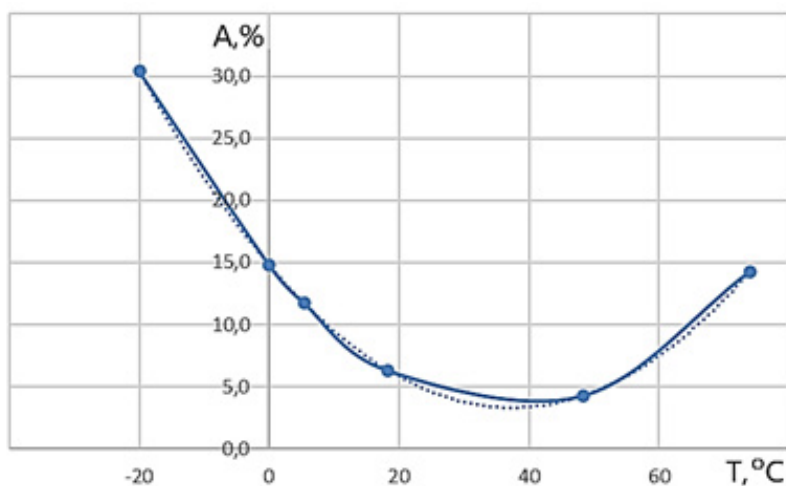


Рис.6 – Изменение средней ошибки аппроксимации (А) от температуры (Т) дизельного топлива  
Fig.6 – Change in the average approximation error (A) depending on the temperature (T) of diesel fuel

Таблица 3 – Изменение кинематической вязкости ДТ после его обработки волнами СВЧ диапазона

| Температура ДТ до обработки волнами СВЧ диапазона (Т,°С) | Кинематическая вязкость (ν, сСт) |                       |             |           |            |
|--|----------------------------------|-----------------------|-------------|-----------|------------|
|  | исходная                         | сразу после обработки | через 0,5 ч | через 1 ч | через 24 ч |
| 5,33   | 4,72                             | 4,29                  | 4,29        | 4,31      | 4,44       |
| 18,33  | 4,68                             | 4,23                  | 4,39        | 4,28      | 4,51       |
| 48,33  | 4,21                             | 4,10                  | 4,33        | 4,44      | 4,54       |
| 74   | 4,17                             | 4,08                  | 4,34        | 4,42      | 4,49       |

Поскольку наблюдаются существенные и разнонаправленные изменения кинематической вязкости, можно предположить, что в ДТ произошли структурные изменения. Для оценки этих изменений необходимо провести дополнительные исследования топлива, обработанного волнами СВЧ диапазона, либо непосредственно по оценке изменения исходных компонентов (парафиновые, нафтеновые и ароматические углеводороды) [10], либо косвенно, например, оценивая изменение

цетанового числа [2].

Построив изменение кинематической вязкости по времени с помощью формулы  $(\max-\min)/\min \cdot 100\%$ , можно предположить, что процессы перемешивания слоев топлива продолжают происходить после 1 часа после завершения обработки (рис.7) и завершаются к 24 часам с момента окончания обработки.

График изменения кинематической вязкости по истечении 24 часов после обработки топлива





относительно его исходной температуры, построенный с помощью формулы  $(v_{24} - v_{исх})/v_{исх} * 100 \%$ , позволяет предположить, что существенные изменения в ее значениях завершаются приблизительно к 50° C (рис.8).

Аналогично вышеописанной процедуре рассмотрим изменение коэффициента поверхностного натяжения ДТ в течение 24 ч после его обработки волнами СВЧ диапазона (табл.4).

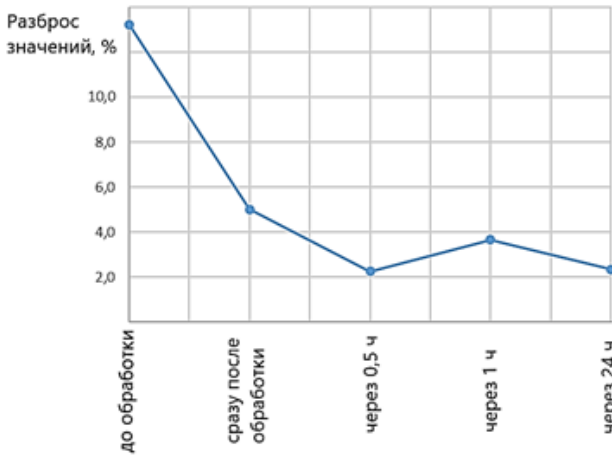


Рис.7 – Относительный разброс кинематической вязкости по времени, прошедшему с момента окончания обработки

Fig.7 – Relative spread of kinematic viscosity over time elapsed since the end of treatment

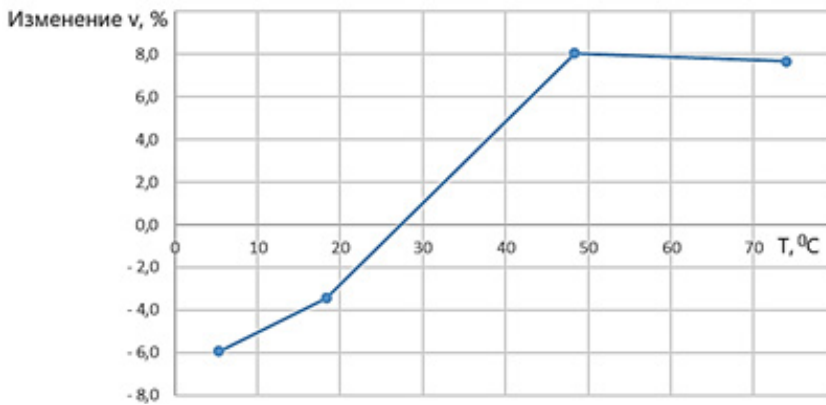


Рис.8 – Изменение кинематической вязкости v (%) относительно исходной температуры T (°C) топлива

Fig.8 – Change in kinematic viscosity v (%) relative to the initial fuel temperature T (°C)

Таблица 4. Изменение коэффициента поверхностного натяжения ДТ после его обработки волнами СВЧ диапазона

| Температура ДТ до обработки волнами СВЧ диапазона (Т,°С) | Коэффициент поверхностного натяжения (F*10 <sup>-3</sup> , Н/м) |                       |             |           |            |
|--|---|-----------------------|-------------|-----------|------------|
|  | исходный  | сразу после обработки | через 0,5 ч | через 1 ч | через 24 ч |
| 5,33   | 33,11   | 30,46                 | 29,80       | 28,74     | 31,83      |
| 18,33  | 32,79   | 26,49                 | 30,15       | 30,06     | 31,95      |
| 48,33  | 29,86   | 29,13                 | 28,92       | 28,54     | 31,89      |
| 74   | 29,64   | 29,03                 | 29,55       | 28,86     | 31,48      |

Поскольку коэффициент поверхностного натяжения косвенно характеризует энергию, «запасенную» поверхностью жидкости, то желательным, чтобы он увеличивался при обработке топлива. Как видно из графика, приведенного на рисунке 4, изменение температуры дизельного топлива завершается после 1 часа после окончания обработки топлива – в это время фиксируется снижение коэффициента поверхностного натяжения в пределах 2,6-13,2 %, что весьма существенно. Следовательно, необходимо провести дополнительные исследования по обработке волнами СВЧ диапазона дизельного топлива при различных мощност-

ных характеристиках излучателя и длительности воздействия.

### Заключение

Предлагаемый способ воздействия волн СВЧ диапазона на дизельное топливо преследует цель улучшения таких характеристик дизельного двигателя, как экономичность и экологичность. В рамках проведенного исследования было показано, что температура, кинематическая вязкость и коэффициент поверхностного натяжения даже при малой мощности и времени воздействия подвержены существенным изменениям, которые могут как негативно, так и позитивно сказаться на ха-



рактеристиках дизельного двигателя. В частности, установлено, что изменение температуры дизельного топлива в достаточно широком диапазоне можно описать полиномиальными уравнениями второй степени, при этом изменение коэффициентов этих уравнений в диапазоне исследуемых температур подчиняется линейному закону. Оценка изменения кинематической вязкости показывает, что процессы перемешивания слоев топлива продолжают происходить после 1 часа после завершения обработки, а существенные изменения в ее значениях завершаются приблизительно к 50° С. Коэффициент поверхностного натяжения снижается в пределах 2,6-13,2 % в течение 1 часа после окончания процесса воздействия СВЧ излучения на дизельное топливо, что может негативно отразиться на процессе смесеобразования в камере сгорания. Для того чтобы подтвердить или опровергнуть эти предположения, необходимо провести исследования по обработке волнами СВЧ диапазона дизельного топлива при различной мощности СВЧ излучателя и длительности воздействия на различные объемы топлива.

#### Список источников

- ГОСТ 305-2013. Межгосударственный стандарт. Топливо дизельное. Технические условия. – 10 с.
- ГОСТ Р52709–2019. Топлива дизельные. Определение цетанового числа. – 30 с.
- Джаббарова, Л.Ю. Мустафаев, И.И. Меликова, С.З. Влияние радиационного излучения на нефтяные топлива / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. №7 (ч.2), 2017. – с. 239-243.
- Князев, В.Ю. Проникновение микроволнового излучения в воду (эффект «самопросветления») / В.Ю. Князев, И.А.Коссы, Н.И.Малых, Е.С.Ямпольский. – Журнал технической физики, 2003, Т.37, Вып.11. – с.133-136
- Комитет по энергетике при рассмотрении проекта бюджета особое внимание уделил вопросам донстройки топливного рынка. Государственная Дума федерального собрания Российской Федерации. (9.10.2023). URL: <http://duma.gov.ru/news/58010/>
- Максимова, Е. Второй после рекорда. Производство зерна в России может превысить 140 млн т. Агроинвестор. (22 ноября 2023). URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/41325-vtoroy-posle-rekorda-proizvodstvo-zerna-v-rossii-mozhet-prevysit-140-mln-t/>
- Мосдизель РФ. Цена на дизтопливо автоналивом (базис - МНПЗ) в руб./тн с 2011 года. Аналитические графики движения цен на дизельное топливо. (23.11.2023). URL: [http://мосдизель.рф/rynok\\_diztopliva/analitika\\_cen\\_diztopliva.php](http://мосдизель.рф/rynok_diztopliva/analitika_cen_diztopliva.php)
- Сизова Т.М. Статистика: учебное пособие. – СПб.: СПб НИУ ИТМО, 2013. – 176 с.
- Соболенко, А.Н., Флорианская М.В. Расчет тепломкости продуктов сгорания компримированного газового топлива марок «А» и «Б» в дизелях // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2021. № 2. С. 65–74. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-65-74
- Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учебное пособие / В.В. Остриков, С.А. Нагорнов, О.А. Клейменов, В.Д. Прохоренков, И.М. Курочкин, А.О. Хренников, Д.В. Доровских. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн.ун-та, 2008. – 304 с.
- Хайдаров Г. Г., Хайдаров А. Г., Машек А. Ч., Майоров Е. Е. Влияние температуры на поверхностное натяжения // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 4 (Физика, химия). 2012. Выпуск 1. с.24-28.
- Членство в Палате – инструмент совместного развития. Торгово-промышленная палата РФ. Новости, мнения, анонсы. (25.01.2023). URL: <https://news.tpprf.ru/ru/regional/4036072/>
- Шальнова, Г. Альтернативные виды топлива для сельского хозяйства. Аргобизнес. (21 июня 2022). URL: <https://agbz.ru/articles/alternativnyevidy-topliva-dlya-selskogo-khozyaystva/>
- Шибков, В.М. Воспламенение с помощью поверхностного СВЧ-разряда жидких углеводородов в условиях высокоскоростных воздушных потоков / В.М. Шибков, Л.В. Шибкова, А.А. Карачев, Р.С. Константиновский. Теплофизика высоких температур, 2010, № 1 (дополнительный), с. 23–34
- Krause, P., Klyus, O. Application of surface tension parameter for estimation of fuel atomization process in Diesel engines / Scientific Journals. Maritime University of Szczecin. 2013, 36(108) z. 2 pp. 98–101
- Weisskopf V. F. American Journal of Physics 53 (1985) 19-20.; V. F. Weisskopf, American Journal of Physics 53 (1985) 618–619.

*Вклад авторов:*

*Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

#### References

- GOST 305-2013. Mezhgosudarstvennyj standart. Toplivo dizel'noe. Tekhnicheskie usloviya. – 10 s.
- GOST R52709–2019. Topliva dizel'nye. Opredelenie cetanovogo chisla. – 30 s.
- Dzhabbarova, L.YU. Mustafaev, I.I. Melikova, S.Z. Vliyanie radiacionnogo izlucheniya na neftyanye topliva / Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. №7 (ch.2), 2017. – s. 239-243.
- Knyazev, V.YU. Proniknovenie mikrovolnovogo izlucheniya v vodu (effekt «samoprosvetleniya») / V.YU. Knyazev, I.A.Kossyj, N.I.Malyh, E.S.YAmpol'skij. – Zhurnal tekhnicheskoy fiziki, 2003, T.37, Vyp.11. – s.133-136
- Komitet po energetike pri rassmotrenii proekta byudzheta osoboe vnimanie udelil voprosam donastrojki



топливного рынка. Gosudarstvennaya Duma federal'nogo sobraniya Rossijskoj Federacii. (9.10.2023). URL: <http://duma.gov.ru/news/58010/>

6. Maksimova, E. Vtoroj posle rekorda. Proizvodstvo zerna v Rossii mozhet prevysit' 140 mln t. Agroinvestor. (22 noyabrya 2023). URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/41325-vtoroy-posle-rekorda-proizvodstvo-zerna-v-rossii-mozhet-prevysit-140-mln-t/>

7. Mosdizel' RF. Cena na diztopливо avtonalivom (bазis - MNPZ) v rub./tn s 2011 goda. Analiticheskie grafiki dvizheniya cen na dizel'noe топливо. (23.11.2023). URL: [http://mosdizel'.rf/rynok\\_diztopлива/analitika\\_cen\\_diztopлива.php](http://mosdizel'.rf/rynok_diztopлива/analitika_cen_diztopлива.php)

8. Sizova T.M. Statistika: uchebnoe posobie. – SPAb.: SPb NIU ITMO, 2013. – 176 s.

9. Sobolenko, A.N., Florianskaya M.V. Raschet teploemkosti produktov sgoraniya komprimirovannogo gazovogo топлива marok «A» i «B» v dizelyah // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2021. № 2. S. 65–74. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-65-74

10. Topливо, smazochnye materialy i tekhnicheskie zhidkosti : uchebnoe posobie / V.V. Ostrikov, S.A. Nagornov, O.A. Klejmenov, V.D. Prohorenkov, I.M. Kurochkin, A.O. Hrennikov, D.V. Dorovskih. – Tambov : IZD-vo Tamb. gos. tekhn.un-ta, 2008. – 304 s.

11. Hajdarov G. G., Hajdarov A. G., Mashek A. CH., Majorov E. E. Vliyanie temperatury na poverhnostnoe natyazheniya // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 4 (Fizika, himiya). 2012. Vypusk 1. s.24-28.

12. CHlenstvo v Palate – instrument sovmestnogo razvitiya. Torgovo-promyshlennaya palata RF. Novosti, mneniya, anonsy. (25.01.2023). URL: <https://news.tpprf.ru/ru/regional/4036072/>

13. SHal'nova, G. Al'ternativnye vidy топлива dlya sel'skogo hozyajstva. Argobiznes. (21 iyunya 2022). URL: <https://agbz.ru/articles/alternativnye-vidy-topлива-dlya-selskogo-khozyajstva/>

14. SHibkov, V.M. Vosplamnenie s pomoshch'yu poverhnostnogo SVCH-razryada zhidkih uglevodorodov v usloviyah vysokoskorostnykh vozdushnykh potokov / V.M. SHibkov, L.V. SHibkova, A.A. Karachev, R.S. Konstantinovskij. Teplofizika vysokih temperatur, 2010, № 1 (dopolnitel'nyj), s. 23–34

15. Krause, P., Klyus, O. Application of surface tension parameter for estimation of fuel atomization process in Diesel engines / Scientific Journals. Maritime University of Szczecin. 2013, 36(108) z. 2 pp. 98–101

16. Weisskopf V. F. American Journal of Physics 53 (1985) 19-20.; V. F. Weisskopf, American Journal of Physics 53 (1985) 618–619.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

#### Информация об авторах

**Сорокин Владислав Евгеньевич**, аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [vlad2010se@yandex.ru](mailto:vlad2010se@yandex.ru)

**Бачурин Алексей Николаевич**, канд. техн. наук, доцент, декан инженерного факультета, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [bachurin62@mail.ru](mailto:bachurin62@mail.ru)

**Симдянкин Аркадий Анатольевич**, д-р техн. наук, профессор, [seun2006@mail.ru](mailto:seun2006@mail.ru)

#### Author information

**Sorokin Vladislav E.**, graduate student of the department of operation of the machine and tractor fleet, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, [vlad2010se@yandex.ru](mailto:vlad2010se@yandex.ru)

**Bachurin Aleksej N.**, candidate. techn. of sciences, associate professor, dean of the faculty of Engineering, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, [bachurin62@mail.ru](mailto:bachurin62@mail.ru)

**Simdiankin Arkadii A.**, Doctor of Technical Science, Professor, [seun2006@mail.ru](mailto:seun2006@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 21.12.2023; одобрена после рецензирования 17.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 21.12. 2023; approved after reviewing 17.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.





## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 636.3(470.47)  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.65.24.019

## МОБИЛЬНАЯ УСТАНОВКА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МОЙКИ ШЕРСТИ

**Сергей Вадимович Старовойтов**<sup>1✉</sup>, **Александр Владимирович Арашаев**<sup>2</sup>,  
**Елена Евгеньевна Щуцкая**<sup>3</sup>, **Анастасия Николаевна Долгова**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет», г. Элиста, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>4</sup> Казанский государственный энергетический университет, г.Казань, Россия

<sup>1</sup> se.starovoytov@yandex.ru

<sup>2</sup> sasha-arashaev@yandex.ru

<sup>3</sup> elenashuk71@mail.ru

<sup>4</sup> dolgova.an@list.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** Целью настоящего исследования является повышение эффективности фермерских овцеводческих хозяйств аридных зон путем обоснования и создания локальных установок по водопою и мобильных по первичной мойке шерсти

**Методология.** В качестве объекта исследований были локальные установки по получению воды для водопоя овец и мобильные по мойке шерсти. Исследования проводились по показателям овцеводческой фермы Цилинского района Республики Калмыкия путем моделирования исследуемых процессов на испытательных установках и обработки экспериментальных данных с использованием математической статистики и корреляционного анализа

**Результаты.** В статье рассматривается использование установок замкнутого цикла очистки минерализованных вод с целью повышения эффективности фермерских овцеводческих хозяйств аридных зон на примере овцеводческой фермы Цилинского района Республики Калмыкия. Отсутствие центрального водопоя и предприятий по переработке шерсти сказывается на ценообразовании предоставляемой продукции из-за логистических расходов и снижает её конкурентоспособность. В качестве мер по снижению себестоимости выпускаемой продукции и экологизации производства путем создания водопойных узлов на базе местных минерализованных вод предлагается к использованию мобильная установка замкнутого цикла очистки. Предложен перечень необходимых составляющих мобильной установки деминерализации. В результате исследований предложены конструктивные решения и технологическая схема рассматриваемой мобильной установки.

**Заключение** Экспериментальная мобильная установка очистки сточных вод фабрик первичной обработки шерсти в 2,5 раза дешевле стационарных очистных сооружений. В качестве мер по повышению инвестиционной заинтересованности и снижению влияния на окружающую среду рассматривается, как рабочая гипотеза, но требующая экспериментального подтверждения, организация переработки навоза в следующие промышленные продукты: гранулированное удобрение, топливные гранулы и сорбенты в виде фиксированных по размерам фракций. Для мобильности установки переработки навоза фермерских овцеводческих хозяйств и дальнейшего производства промышленных продуктов разместить её на автоплатформах, что позволит перемещаться по обслуживаемым фермам. Предлагаемый размер изготавливаемой установки 3х6х2,8м.

**Ключевые слова:** очистка, овцеводство, усреднитель, отстойник, накопитель, сорбент, дегидратор

**Для цитирования:** Старовойтов С.В., Арашаев А.В., Щуцкая Е.Е., Долгова А. Н. Мобильная установка очистки сточных вод мойки шерсти // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 1, С. 141-146 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.65.24.019>





## MOBILE WASTE WATER TREATMENT PLANT FOR WOOL WASHING

Sergey V. Starovoytov<sup>1</sup>✉, Alexander V. Arashaev<sup>2</sup>, Elena E. Shchutskaya<sup>3</sup>  
Anastasia Nikolaevna Dolgova<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Rostov State Transport University, Russia

<sup>2</sup> Kalmyk state university, Russia

<sup>3</sup> Don state technical university, Russia

<sup>4</sup> Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

<sup>1</sup> se.starovoytov@yandex.ru

<sup>2</sup> sasha-arashaev@yandex.ru

<sup>3</sup> elenashuk71@mail.ru

<sup>4</sup> dolgova.an@list.ru,

**Abstract.**

**Problem and purpose.** The purpose of this study is to increase the efficiency of sheep farms in arid zones by substantiating and creating local watering and mobile installations for primary washing of wool

**Methodology.** As an object of research, there were also local installations for obtaining water for watering sheep and mobile ones for washing wool. The research was carried out according to the indicators of the sheep farm of the Tsilinsky district of the Republic of Kalmykia by modeling the studied processes at test facilities and processing experimental data using mathematical statistics and correlation analysis

**Results.** The article discusses the use of closed-cycle installations for the treatment of mineralized waters in order to increase the efficiency of sheep farms in arid zones on the example of a sheep farm in the Tsilinsky district of the Republic of Kalmykia. The absence of a central watering hole and wool processing enterprises affects the pricing of the products provided due to logistical costs and reduces its competitiveness. As measures to reduce the cost of production and greening production by creating watering points based on local, mineralized waters, a mobile closed-cycle purification plant is proposed for use. A list of necessary components of a mobile demineralization installation is proposed. As a result of the research, constructive solutions and a technological scheme of the considered mobile installation are proposed.

**Conclusion.** The considered experimental mobile wastewater treatment plant of primary wool processing factories is 2.5 times cheaper than stationary sewage treatment plants. As measures to increase investment interest and reduce the impact on the environment, the organization of manure processing into the following industrial products is considered as a working hypothesis, but requires experimental confirmation: granular fertilizer, fuel pellets and sorbents in the form of fractions fixed in size. For the mobility of the manure processing plant of sheep farms and the further production of industrial products, place it on autopatforms, which will allow you to move around serviced farms. The proposed size of the manufactured installation is 3x6x2.8 m.

**Key words:** cleaning, sheep breeding, averager, sump, storage, sorbent, dehydrator

**For citation:** Starovoytov S.V., Arashaev A.V., Shchutskaya E.E., Dolgova A. N., Mobile wastewater treatment plant for wool washing // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P. 141-146 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.65.24.019>

**Введение**

В засушливых аридных зонах Российской Федерации овцеводческое хозяйство является основополагающей составляющей аграрной экономики. В республике Калмыкия преимущественно распространено пастбищное овцеводство, 80 % которого сосредоточено в сельских поселениях и в крестьянских фермерских хозяйствах. Отрасль в регионе развивается в быстром темпе. Так, за последнее десятилетие поголовье овец выросло на 70 %. Овцеводство и сопутствующее производство промышленных продуктов играют ключевую роль в развитии рынка труда и экономической безопасности населения аридных территорий.

Отсутствие центрального водопоя, промышленных боен, предприятий по переработке мяса и шерсти является следствием отсутствия кооперации и совместного участия в производственном процессе между рассредоточенными по территории "автономными" образованиями овцеводче-

ских хозяйств, что существенно сказывается на ценообразовании предоставляемой продукции и снижает её конкурентоспособность.

Одним из ключевых направлений по развитию овцеводческих хозяйств в аридных зонах является снижение себестоимости выпускаемой продукции, а также экологизация путем создания водопойных узлов на базе местных минерализованных вод с использованием установок замкнутого цикла очистки для водопоя и мойки шерсти.

Предложенная схема очистных сооружений сточных вод фабрик по первичной обработке шерсти включает электролизную обработку, узел дозирования щелочного реагента при аэрации, тонкослойное отстаивание, сорбцию, и использование уже очищенных сточных вод повторно. Перед подачей воды для мойки шерсти добавляется не более 25 % свежей горячей воды.

**Материалы и методы исследования**

В связи с высокой минерализацией природных



вод ключевыми процессами технологической схемы их очистки являются опреснение и обеззараживание. Эти мероприятия технически сложны и достаточно дорогостоящи как при стационарных очистных сооружениях, так и при использовании мобильных установок. Принципиальная технологическая схема мобильной установки мойки шерсти после ее отжима должна включать: накопитель сточных вод, электрокоагулятор, отстойник со сбором плавающих на поверхности веществ, очистку через сорбционный материал, накопитель с насосами подачи очищенных вод, дегидратор шлама (рис. 1).

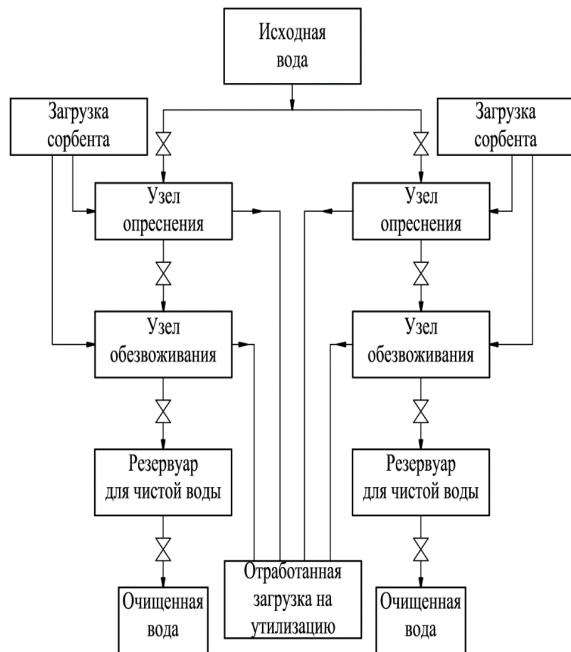


Рис. 1 – Принципиальная технологическая схема очистки  
Fig. 1 – The basic technological scheme of cleaning

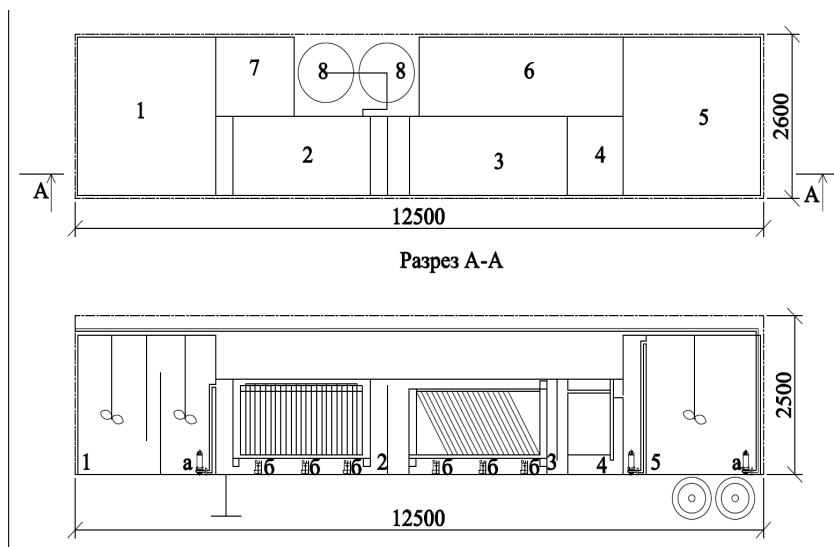
Приоритетным направлением в деминерализации может быть использование местных природных материалов в качестве сорбентов. Принимая во внимание климатические и географические условия, при анализе методов деминерализации вод установлено, что для адсорбции использование глинистых материалов имеет комплексный эффект. В Приволжском и Приергенном районах республики Калмыкии имеются природные залежи шоколадных глин, перспективные в использовании в качестве сорбента (рис. 2) [1].



Рис. 2 – Шоколадная глина в качестве сорбента  
Fig. 2 – Chocolate clay as a sorbent

**Результаты исследований и их обсуждение**

Для оценки эффективности предлагаемой технологической схемы очистки сточных вод составлена схема (рис. 3) и выполнен расчет мобильной установки для овцеводческой фермы Целинского района Республики Калмыкия, поголовье скота которой составляет 800 голов [2, 3]. Расчетный расход сточных вод от стационарного модуля мойки и узла отжима овечьей шерсти принят 8,7 м³/ч.



- 1 – усреднитель, 2 – электрокоагулятор, 3 – тонкослойный отстойник
- 4 – сорбционный фильтр, 5 – накопительная емкость, 6 – выпрямитель, 7 – реагентное хозяйство, 8 – насосы

Рис. 3 – Схема мобильной установки очистки сточных вод мойки шерсти

- 1 – averager, 2 – electrocoagulator, 3 – thin-layer sump, 4 – sorption filter, 5 – storage tank, 6 – rectifier, 7 - reagent farm; a, b – pumps
- Fig. 3 – Scheme of a mobile sewage treatment plant for wool washing



Усреднитель принят в виде прямоугольной емкости из ПНД и объемом 13 м<sup>3</sup>, с пребыванием в нем сточной жидкости в течение 1,5 часов. Определена производительность тонкослойного модульного отстойника Q<sub>т</sub>:

$$Q_t = \frac{8,7 \cdot K_s \cdot H_s \cdot L_s \cdot U_0}{K_c \cdot H_a} = \quad (1)$$

$$= \frac{(8,7 \cdot 0,6 \cdot 0,826 \cdot 0,832 \cdot 0,216)}{(1,2 \cdot 0,826)} = 0,94 (\text{м}^3/\text{ч})$$

где K<sub>s</sub> – коэффициент использования емкости рассчитываемого отстойника, (%);

H<sub>s</sub>, L<sub>s</sub> – высота и длина тонкослойного блока секции отстойника, (м);

U<sub>0</sub> – гидравлическая крупность задерживаемых частиц, принята U<sub>0</sub> = 6 мм/с = 0,216 м/ч. [1, 3] (мм/с);

K<sub>c</sub> – коэффициент сноса выделенных частиц (с плоскими пластинами составляет 1,2, а с рифлеными – 1;

H<sub>a</sub> – высота яруса тонкослойного модуля, (м) [4].

Поток движется со скоростью, определяемой по формуле:

$$V_p = \frac{Q_t}{B_s \cdot L_s \cdot \cos \alpha + B_s \cdot L_n} = \quad (2)$$

$$= \frac{0,94}{0,94 / (0,826 \cdot 0,832 \cdot \cos 45^\circ + (0,707 + 0,826 \cdot 0,006))} =$$

$$= 1,91 (\text{м}/\text{ч})$$

где Q<sub>т</sub> – производительность отстойника, (м<sup>3</sup>/ч);

B<sub>s</sub> – ширина отстойника, (м);

L<sub>s</sub> – длина отстойника, (м);

α – угол, под которым расположены пластины;

L<sub>n</sub> – расстояние между пластинами, (м).

Электрокоагулятор в рядовых схемах реализован за счет разности потенциалов между анодом и графитированным катодным сорбентом, но для осуществления процесса требуется предварительная очистка жиров, концентрация которых не менее 2500 мг/л. Предлагается к использованию электролиз постоянным током с нейтрализацией щелочным реагентом и сопутствующей аэрацией.

Предлагается подача части сточных вод на обработку, а другая часть со свежей водой в размере не более 25 % от общего объема – на нужды мойки шерсти. Образующееся с гидроксидами при электролизе двухвалентное железо положительно сказывается на эффективности очистных сооружений.

Размеры отстойника, предлагаемого для размещения на базе мобильной установки, с учетом распределительных и сборных каналов и лотков, составляют: L<sub>о</sub> x B<sub>о</sub> x H<sub>о</sub> = 1,3 x 1,0 x 1,0, м.

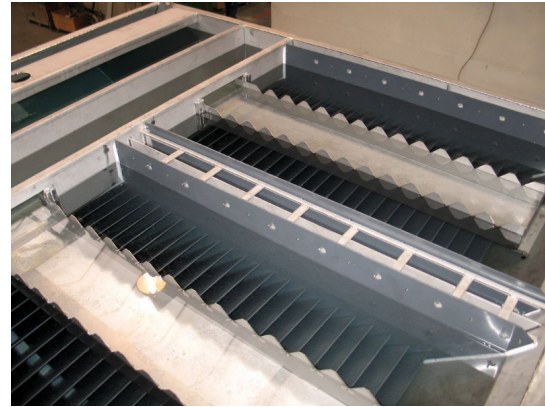


Рис. 4 – Тонкослойный отстойник  
Fig. 4 – Thin-layer sump

Для мойки шерсти с повторным использованием сточных вод необходима накопительная емкость, где очищенные сточные воды могут находиться в течение 1,5 часов. Расход очищенных сточных вод с сорбционного фильтра составляет q<sub>max.час</sub> = 8,7 м<sup>3</sup>/ч, и для бесперебойной подачи выбрана емкость объемом 13 м<sup>3</sup> и габаритами, м: 2,7 x 2,4 x 2.

Для уменьшения габаритов установки, с целью повышения её мобильности, предлагается складывающийся накопитель, объем которого составит 13-15 м<sup>3</sup> [7].



Рис. 5 – Складной накопитель мобильной установки  
Fig. 5 – Folding storage device for mobile installation

Для обезвоживания осадка предлагается к использованию шнековый дегидратор шлама AMKON ES-302, размером 3,25x1x1,85м, обеспечивающий расход твердой фазы до 9 м<sup>3</sup>/ч и концентрацией загрязнений по взвешенным веществам до 35 000 мг/л, (рис. 5). Получаемый на выходе обезвоженный осадок с влажностью 70-72 % применим в производстве удобрений или пеллет, что может являться источником дополнительного дохода и возможностью соблюдать требования по экологической безопасности [3, 6].



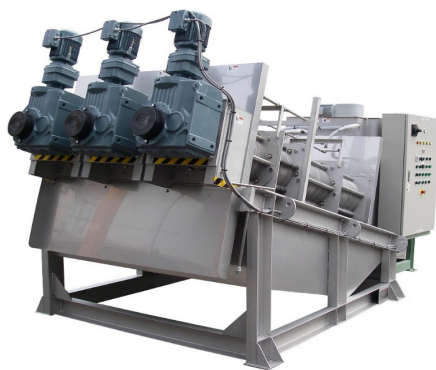


Рис. 6 – Дегидратор шлама  
Fig. 6 – Sludge dehydrator

Мобильная установка очистки сточных вод с первичной обработки шерсти фермерских овцеводческих хозяйств отличается техническими решениями, которые являются предметом изобретения [5].

### Заключение

Рассмотрена экспериментальная мобильная установка очистки сточных вод фабрик первичной обработки шерсти, стоимость которых в 2,5 раза ниже стационарных очистных сооружений, в то время как эксплуатационные затраты вырастут на 5,5 %, что будет являться стимулом для инвесторов.

В качестве мер по повышению инвестиционной заинтересованности и снижению влияния на окружающую среду рассматривается, как рабочая гипотеза, но требующая экспериментального подтверждения, организация переработки навоза в следующие промышленные продукты: гранулированное удобрение, топливные гранулы и сорбенты в виде фиксированных по размерам фракций.

Для мобильности установки переработки навоза фермерских овцеводческих хозяйств и дальнейшего производства промышленных продуктов разместить её на автоплатформах, что позволит перемещаться по обслуживаемым фермам. Предполагается размер изготавливаемой установки 3х6х2,8м.

### Список источников

1. Nechifor V. Global Economic and Food Security Impacts of Demand-Driven Water Scarcity—Alternative Water Management Options for a Thirsty World / V. Nechifor, M. Winning // Water.- 2018.- №10.- 1442; doi:10.3390/w10101442.
2. Арашаев, А.В. Исследование особенностей протекания сорбционных процессов в обработке воды с высоким содержанием солей [Текст] / А.В. Арашаев., В. Ю. Борисова, В. А. Онкаев, Н.С. Серпокрялов, А. Халил //Вестник Волгоградского го-

сударственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 46(65) – С. 95 -101.

3. Применение отработанных сорбентов очистки поверхностных сточных вод для интенсификации роста растений / М. П. Федоров, В. И. Масликов, А. В. Чечевичкин [и др.] // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 7. – С. 26-31. – DOI 10.18412/1816-0395-2021-7-26-31. – EDN IDCDQK.

4. Утилизация отработанных цеолитовых сорбентов очистки поверхностных сточных вод в составе искусственных почвогрунтов / В. И. Масликов, А. В. Чечевичкин, В. Н. Чечевичкин, Л. А. Якунин // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 6. – С. 16-21. – DOI 10.18412/1816-0395-2022-6-16-21. – EDN NJZVBI.

5. Дорджиев А.А. Ионно-солевой комплекс глинистых грунтов и его изменение при выщелачивании солей [Текст] / А. А. Дорджиев, А. Г. Дорджиев, М. М. Сангаджиев, А. В. Арашаев, О. В. Эрдниева, А. М. Киселева // Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции», №3. Москва: Изд-во ООО «Русайнс», 2018. – С.208-212.

6. Крашенников Е.В., Серпокрялов Н.С., Корниенко В.В., Арашаев А.В. Способ очистки сточных вод фабрик первичной обработки шерсти/ Патент RU (11) 2 2675556. Дата подачи заявки: 11.10.2017; Опубликовано: 19.12.2018, Бюл. № 35.

7. Сангаджиев М. М. Фактор качества воды водных объектов Калмыкии и здоровье населения республики [Текст] / М. М. Сангаджиев, О. В. Эрдниева, А. Н. Бадрудинова, А. В. Арашаев // Geologiya, Geografiya i Globalnaya Energiya (Geology, Geography and Global Energy) Physical Geography and Biogeography, Soil Geography and Landscape Geochemistry 70 – 2016 – № 2 (61) – С.70 – 75.

8. Treatment of paint-containing wastewater for industrial needs using electrochemical method. Potolovsky R.V., Sakharova A.A., Moskvicheva E.V., Yuryev Y.Y., Klimenko V.I. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Current Problems and Solutions. 2019. p. 012045.

9. Substantiation of reducing gas emissions from industrial wastewater treatment plants of a fish plant / N. Bondarenko, N. Kondakova, N. Serpokrylov, S. Starovoitov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 июня 2021 года. – Ussurijsk, 2021. – P. 042059. – DOI 10.1088/1755-1315/937/4/042059. – EDN KQAQEX.

10. Saied M. A. Evaluation results of the wastewater treatment system of small settlements in Syria / M A Saied, N. S. Serpokrylov // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.- 2020.- № 778.- 775 012096.

*Вклад авторов:*

*Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*





## References

1. Nechifor V. *Global Economic and Food Security Impacts of Demand-Driven Water Scarcity—Alternative Water Management Options for a Thirsty World* / V. Nechifor, M. Winning // *Water*. - 2018. - №10. - 1442; doi:10.3390/w10101442.
2. Arashaev, A.V. *Issledovanie osobennostej protiekaniya sorbciennykh processov v obrabotke vody s vysokim soledoderzhaniiem [Tekst]* / A.V. Arashaev., V. YU. Borisova, V. A. Onkaev, N.S. Serpokrylov, A. Halil // *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2016. Vyp. 46(65) – S. 95 -101.
3. *The use of spent sorbents for surface wastewater treatment to intensify plant growth* / M. P. Fedorov, V. I. Maslikov, A.V. Chechevichkin [et al.] // *Ecology and Industry of Russia*. - 2021. – Vol. 25, No. 7. – pp. 26-31. – DOI 10.18412/1816-0395-2021-7-26-31. – EDN IDCDQK.
4. *Utilization of spent zeolite sorbents for surface wastewater treatment as part of artificial soils* / V. I. Maslikov, A.V. Chechevichkin, V. N. Chechevichkin, L. A. Yakunin // *Ecology and industry of Russia*. - 2022. – Vol. 26, No. 6. – PP. 16-21. – DOI 10.18412/1816-0395-2022-6-16-21. – ED. NJZVBI.5. Dordzhiev A.A. *Ion-salt complex of clay soils and its change during salt leaching [Text]* / A. A. Dordzhiev, A. G. Dordzhiev, M. M. Sangadzhiev, A.V. Arashaev, O. V. Erdniev, A.M. Kiseleva // *Scientific and Analytical journal "Innovations and Investments"*, No. 3. Moscow: Publishing house of Rusains LLC, 2018. – pp.208-212.
5. Dordzhiev A.A. *Ionno-solevoj kompleks glinistyh gruntov i ego izmenenie pri vyshchelachivanii solej [Tekst]* / A. A. Dordzhiev, A. G. Dordzhiev, M. M. Sangadzhiev, A. V. Arashaev, O. V. Erdniev, A. M. Kiseleva // *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Innovacii i investicii»*, №3. Moskva: Izd-vo OOO «Rusajns», 2018. – S.208-212.
6. Krashennikov E.V., Serpokrylov N.S., Kornienko V.V., Arashaev A.V. *Sposob ochistki stochnykh vod fabrik pervichnoj obrabotki shersti/ Patent RU (11) 2 2675556. Data podachi zayavki: 11.10.2017; Opublikovano: 19.12.2018, Byul. № 35.*
7. Sangadzhiev M. M. *Faktor kachestva vody vodnykh ob"ektov Kalmykii i zdorov'e naseleniya respubliky [Tekst]* / M. M. Sangadzhiev, O. V. Erdniev, A. N. Badrudinova, A. V. Arashaev // *Geologiya, Geografiya i Globalnaya Energiya (Geology, Geography and Global Energy) Physical Geography and Biogeography, Soil Geography and Landscape Geochemistry 70 – 2016 – № 2 (61) – S.70 – 75.*
8. *Treatment of paint-containing wastewater for industrial needs using electrochemical method. Potolovsky R.V., Sakharova A.A., Moskvicheva E.V., Yuryev Y.Y., Klimenko V.I. V sbornike: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Current Problems and Solutions. 2019. p. 012045.*
9. *Substantiation of reducing gas emissions from industrial wastewater treatment plants of a fish plant* / N. Bondarenko, N. Kondakova, N. Serpokrylov, S. Starovoitov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 iyunya 2021 goda. – Ussurijsk, 2021. – P. 042059. – DOI 10.1088/1755-1315/937/4/042059. – EDN KQAQEX.*
10. Saied M. A. *Evaluation results of the wastewater treatment system of small settlements in Syria* / M A Saied, N. S. Serpokrylov // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* - 2020. - № 778. - 775 012096.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

## Информация об авторах

**Старовойтов Сергей Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика на железнодорожном транспорте», Ростовский государственный университет путей сообщения, se.starovoytov@yandex.ru

**Арашаев Александр Владимирович**, канд. техн. наук, ст. препод. кафедры «Строительство», Калмыцкий государственный университет, sasha-arashaev@yandex.ru

**Щуцкая Елена Евгеньевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Донской государственный технический университет, elenashuk71@mail.ru

**Долгова Анастасия Николаевна**, канд. техн. наук, доцент «Энергообеспечение предприятий и энергоресурсосберегающих технологий», Казанский государственный энергетический университет, dolgova.an@list.ru,

## Author information

**Starovoytov Sergey V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Thermal Power Engineering on railway Transport", Rostov State Transport University, se.starovoytov@yandex.ru

**Arashaev Alexander V.**, Candidate of Technical Sciences, Civil building department, Kalmyk state university, sasha-arashaev@yandex.ru

**Shchutskaya Elena E.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Water Supply and Sanitation", Don state technical university, elenashuk71@mail.ru

**Dolgova A. N.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor "Energy Supply of enterprises and energy-saving technologies", Kazan State Energy University, dolgova.an@list.ru

Статья поступила в редакцию 19.12.2023; одобрена после рецензирования 04.03.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 19.12.2023; approved after reviewing 04.03.2024; accepted for publication 11.03.2024.



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 634.1  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.38.68.020

**АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТИРОВКИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Иван Алексеевич Успенский** <sup>1</sup>✉, **Людмила Петровна Белю** <sup>2</sup>, **Иван Александрович Юхин** <sup>3</sup>,  
**Олег Владимирович Филюшин** <sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г.Рязань, Россия

<sup>2</sup> НОЧУ ВО «Московский экономический институт», г.Москва, Россия

<sup>1</sup> [ivan.uspenskij@yandex.ru](mailto:ivan.uspenskij@yandex.ru)

<sup>2</sup> [mila2807@bk.ru](mailto:mila2807@bk.ru)

<sup>3</sup> [yuival@rambler.ru](mailto:yuival@rambler.ru)

<sup>4</sup> [olegfil93@mail.ru](mailto:olegfil93@mail.ru)

**Аннотация.**

**Проблемы и цель.** Статья анализирует проблемы, связанные с транспортировкой сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации. В частности, рассматриваются неэффективные механизмы доставки, старая инфраструктура и отсутствие координации между различными участниками логистических цепей.

**Материалы и методы.** В результате исследования формулируются практические рекомендации, направленные на улучшение транспортных условий для сельскохозяйственной продукции, такие как модернизация инфраструктуры, увеличение средств финансирования и повышение степени координации между участниками логистических цепей. Предлагаемые меры имеют потенциал для оптимизации транспортировки и повышения качества доставки сельскохозяйственной продукции в России.

**Результаты.** Основным результатом исследования заключается в выявлении ключевых проблем транспортировки сельскохозяйственной продукции, а также предложении возможных решений для улучшения ситуации. Анализ позволяет установить, что разнообразные факторы, такие как ограниченная доступность железнодорожных путей и дорожной сети, недостаточное финансирование и отсутствие оптимальных маршрутов доставки, препятствуют эффективной логистической деятельности.

**Заключение.** Проблемы транспортировки сельскохозяйственной продукции в РФ оказывают негативное влияние на развитие сельского хозяйства и пищевой безопасности страны. Задержки, потери качества, высокие стоимости и сложности в организации доставки приводят к ухудшению условий хранения и снижению сроков годности продукции, а также ограничивают доступ к свежим и качественным продуктам. Проблема требует срочного решения и важно, чтобы государство и бизнес работали вместе для поиска эффективных решений. Это может включать в себя развитие инфраструктуры, модернизацию транспортных сетей, облегчение процедур перевозки, обучение кадров и применение новых технологий.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственная продукция, дороги, транспортировка, хранение, динамика производства, экспорт, импорт, хранение, качество продукции

**Для цитирования:** Успенский И.А., Белю Л.П., Юхин И.А., Филюшин О.В. Анализ проблем транспортировки сельскохозяйственной продукции // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №1. С.147-154 <https://dji.org/10.36508/RSATU.2024.38.68.020>

Original article

**ANALYSIS OF PROBLEMS OF TRANSPORTATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS**

**Ivan A. Uspensky** <sup>1</sup>✉, **Lyudmila P. Belyu** <sup>2</sup>, **Ivan A. Yukhin** <sup>3</sup>, **Oleg V. Filyushin** <sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

© Успенский И.А., Белю Л.П., Юхин И.А., Филюшин О.В., 2024 г.



<sup>2</sup> Moscow Economic Institute, Moscow, Russia

<sup>1</sup> ivan.uspensckij@yandex.ru

<sup>2</sup> mila2807@bk.ru

<sup>3</sup> yuival@rambler.ru

<sup>4</sup> olegfil93@mail.ru

## Annotation

**Problem and purpose.** The article analyzes problems related to the transportation of agricultural products in the Russian Federation. Specifically, it examines inefficient delivery mechanisms, outdated infrastructure, and lack of coordination among various participants in the logistics chains.

**Methodology.** As a result of the research, practical recommendations are formulated to improve transportation conditions for agricultural products, such as infrastructure modernization, increased funding, and enhanced coordination among participants in the logistics chains. The proposed measures have the potential to optimize transportation and improve the quality of agricultural product delivery in Russia.

**Results.** The main result of the research is the identification of key problems in the transportation of agricultural products, as well as the suggestion of possible solutions to improve the situation. The analysis reveals that various factors such as limited availability of railway tracks and road networks, insufficient funding, and lack of optimal delivery routes hinder efficient logistics activities.

**Conclusion.** Problems of transporting agricultural products to the Russian Federation have a negative impact on the development of agriculture and food security of the country. Delays, loss of quality, high costs and difficulties in organizing delivery lead to deterioration of storage conditions and reduced shelf life of products, and also limit access to fresh and high-quality products. This is an urgent problem and it is important that government and business work together to find effective solutions. This may include infrastructure development, modernization of transport networks, facilitation of transport procedures, personnel training and the use of new technologies.

**Key words:** agricultural products, roads, transportation, storage, production dynamics, export, import, storage, product quality

**For citation:** Uspensky I.A., Belyu L.P., Yukhin I.A., Filyushin O.V. Analysis of problems of transportation of agricultural products // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P. 147-154 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.38.68.020>

## Введение

В России сельское хозяйство играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности, а производство сельскохозяйственной продукции занимает значительную часть национальной экономики. Однако, несмотря на это, проблемы с транспортировкой сельскохозяйственной продукции в России остаются актуальными. Долгие сроки доставки, недостаток современных транспортных средств, сложное логистическое планирование, низкая эффективность перевозок – все эти факторы негативно сказываются на качестве продукции, ее стоимости и конкурентоспособности на российском и международном рынках. В данной статье мы рассмотрим основные проблемы транспортировки сельскохозяйственной продукции в РФ и возможные пути их решения.

Проблемы транспортировки сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации с 2020 по 2024 годы могут быть разнообразными и зависят от различных факторов. Рассмотрим их более подробно.

1. Недостаток инфраструктуры. Недостаток современных и эффективных транспортных инфраструктур, таких как качественные дороги, железные дороги, склады и порты может сказываться на плавности и эффективности транспортировки сельскохозяйственной продукции, что приводит к увеличению времени доставки и потере качества продукции.

2. Комплексность логистики. Сельскохозяй-

ственная продукция требует особого внимания к условиям транспортировки, таким как температурный режим и уровень влажности. Недостаточное знание и практика в области логистики может приводить к неправильным условиям хранения и транспортировки, что влияет на качество и продолжительность срока годности продукции.

3. Отдаленность и разнообразие регионов: Россия – огромная страна с различными климатическими и географическими условиями. Проблемы транспортировки возникают при доставке продукции в отдаленные районы, где доступ к современной инфраструктуре ограничен. Это может резко увеличить стоимость транспортировки и ухудшить качество продукции в процессе доставки.

4. Ограничения и регулятивные меры. Введение ограничений и регулятивных мер может затруднять транспортировку сельскохозяйственной продукции в определенные регионы России или на экспорт. Примером таких мер могут быть ограничения на движение грузовой техники в определенные дни или время, требования к лицензированию и сертификации, а также таможенные и ветеринарные проверки.

5. Климатические условия: Климатические условия, такие как зимние морозы или летняя высокая температура, могут существенно влиять на условия транспортировки сельскохозяйственной продукции, особенно при длительных перевозках, например, Котельневское (Новосибирская область), Урало-Сибирская ледяная дорога и Сап-





сан (Сочи).

В Российской Федерации улучшена общая эффективность перевозки продукции сельского хозяйства. Рассмотрим принятые меры и их эффективность.

1. Развитие транспортной инфраструктуры: в рамках программы выполнено строительство новых автомобильных и железных дорог, модернизация находящихся в использовании. Это позволило сократить время и затраты на доставку сельхозпродукции потребителю.

2. Внедрение новых технологий и систем: использование GPS-навигации, систем мониторинга и управления транспортом позволяет оптимизировать маршруты доставки, улучшить планирование грузопотоков и уменьшить потери продукции.

3. Развитие железнодорожного и автомобильного контейнерного транспорта: контейнеризация позволяет упростить погрузочно-разгрузочные операции, снизить риск повреждений и потери товаров, а также увеличить скорость доставки.

4. Оптимизация логистических процессов: использование современных методов управления запасами, оптимальное планирование доставок и совершенствование систем хранения помогают сократить затраты на логистику и повысить эффективность доставки товаров.

5. Содействие государства: правительство вводит различные меры поддержки развития сельского хозяйства и транспортной отрасли, например, предоставление субсидий на приобретение современной транспортной техники или развитие инфраструктуры в сельских районах, чтобы снизить проблемы доставки продукции из отдаленных регионов.

В результате этих улучшений удалось сократить время доставки, снизить затраты на логистику, сократить потери продукции и повысить доступность сельскохозяйственной продукции для потребителей.

#### Результаты исследований и их обсуждение

С учетом темпов производства и возрастающих ограничений на импорт как сырьевых ресурсов, так и готовой сельскохозяйственной продукции, можно прогнозировать увеличение ее производства с одновременным снижением стоимостных показателей в 2024 году. Рассмотрим данные экспертов компании «Интерагро», согласно которым нами был проведен сравнительный анализ динамики роста сбора плодоовощной и ягодной продукции на фоне роста всех категорий урожая, собранного в период 2017-2023г.г. На графике (рис. 1) приведен сравнительный анализ сбора урожая сельскохозяйственной продукции в хозяйствах.

■ Динамика валового сбора овощей в России в хозяйствах всех категорий, млн т.  
■ Динамика валового сбора плодов и ягод в России в хозяйствах всех категорий, млн т.

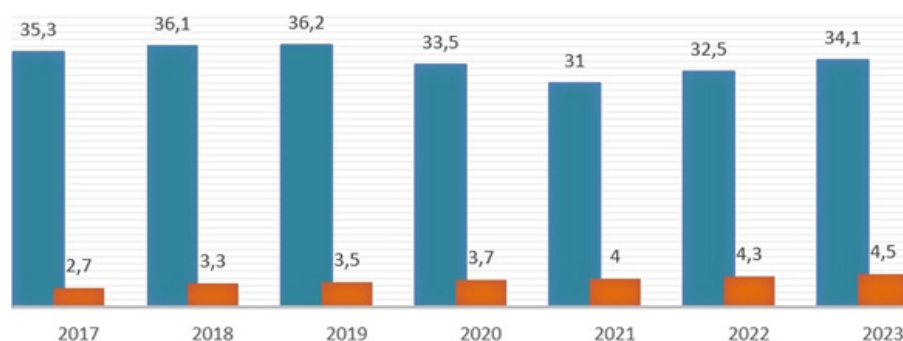


Рис. 1 – Сравнительный анализ сбора урожая сельскохозяйственной продукции в хозяйствах (по данным экспертов компании «Интерагро»)

Fig. 1 – Comparative analysis of agricultural harvests on farms (according to Interagro experts)

Из графика сравнительного анализа сбора урожая сельскохозяйственной продукции можно увидеть, что на фоне резкого спада, произошедшего в 2021г., наметилась положительная динамика в сторону увеличения производства, связанная, в первую очередь, с введением в эксплуатацию новых складских помещений для хранения свежих овощей и фруктов, а также предприятий по их переработке. Особенно виден рост процента улучшения показателя по сбору плодоовощной продукции, который за последние шесть лет вырос на 60 %, на этот процесс повлияло снижение ее импорта на 3 %. Согласно данным Россельхознадзора, увеличился экспорт плодоовощной продукции на 2 %.

На графике, представленном на рисунке 2,

можно проследить динамику роста сбора урожая яблок в России в период 2017-2023г.г.

Проведем анализ производства некоторых сельскохозяйственных культур, выращенных в 2023г. в хозяйствах, как в открытом грунте, так и в защищенных теплицах. Согласно данным Росстата, в хозяйствах было произведено 13,528 млн т. овощей, включая бахчевые культуры, что на 3,8 % выше показателя 2022г., но это в общем случае. Если рассматривать отдельно каждый показатель, то динамика значительно хуже. Количество собранных огурцов выращено, по сравнению с 2022г., на 47,1 % меньше (847 тыс. т), томатов – на 27,4 % меньше (2,215 млн т) и бахчевых культур – на 13,9 % меньше (1,634 млн т). Повышение было отмечено только при производстве капусты бело-





кочанной на 5,4 % (2,32 млн т), моркови – на 7,7 % (1,36 млн т), свеклы – на 4,4 % (764 тыс. т) и лука репчатого – на 3,8 % (1,602 млн т).

На рисунке 3 представлена динамика увеличения производства сельскохозяйственных культур в 2023г. по отношению к 2022г.

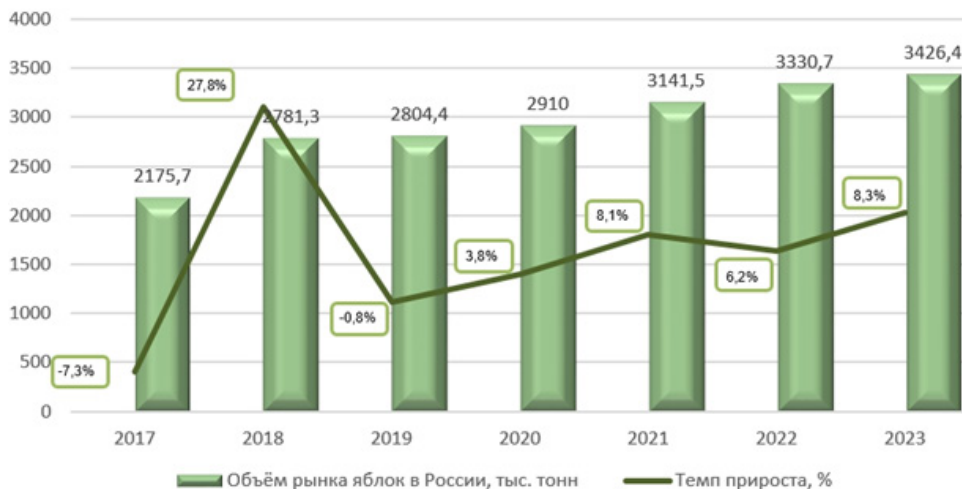


Рис. 2 – Динамика сбора урожая яблок в России в период 2017-2023гг. (по данным Министерства сельского хозяйства РФ).

Fig. 2 – Dynamics of the apple harvest in Russia in the period 2017-2023. (according to the Ministry of Agriculture of the Russian Federation).

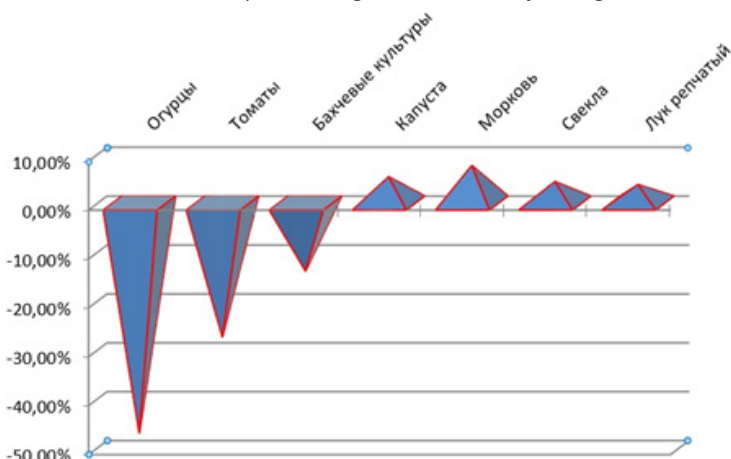


Рис. 3 – Динамика увеличения производства сельскохозяйственных культур в 2023г. по отношению к 2022г.

Fig. 3 – Dynamics of increase in agricultural production in 2023 compared to 2022.

Таким образом, можно заключить, что полученный в 2023 г. урожай овощей в стране в достаточной мере удовлетворяет потребности населения и обеспечивает продовольственную безопасность на уровне 90 %. Прогнозы экспертов показывают потенциал роста российского овощного рынка в ближайшем будущем на уровне 20,5 миллионов тонн, что на 34,9 % больше, чем в 2023 году.

Очевидно, что прогнозы Министерства сельского хозяйства по увеличению в 2023 году площади выращивания овощей в открытом грунте в организованном секторе сельского хозяйства повысят объем полученной продукции, оправданы. Это выразилось в дополнительных 7,9 % по сравнению с предыдущим годом, а общая площадь достигла 196,6 тысяч гектаров, количество собранных овощей при этом увеличилось на 2 % и превысило 5,3 миллионов тонн. Из этого следует, что принятые меры по повышению производительности труда и качества производимой сельскохозяйственной продукции верны.

Установлено, что традиционные регионы от-

крытого грунта овощного производства в России включают Астраханскую, Волгоградскую, Московскую, Ростовскую и Воронежскую области, а также Краснодарский и Ставропольский края. Большая часть овощей (более 60 %) производится в Южном, Центральном и Приволжском федеральных округах.

Согласно данным Россельхознадзора за 2023 год, овощи в Россию поставляются из разных стран, включая Турцию, Эквадор, Египет, Беларусь, Иран, Азербайджан и Узбекистан. Однако импорт некоторых основных овощей снизился из-за роста внутреннего производства и экспорта. Российские поставки на внешние рынки увеличились на 27 %, особенно экспорт помидоров, капусты и салатных овощей.

Анализируя прогнозы на 2023 год, следует отметить, что на фоне внешних вызовов, которые оказывают негативное влияние на экономику России, а также ухудшения уровня жизни домохозяйств, ожидается снижение потребления овощей населением. Прогнозируемое снижение состав-



ляет 5 %, то есть до 99 кг на душу населения. Это дополнительно подтверждает неблагоприятную ситуацию в сфере питания овощами в стране.

Тем не менее, аналитики предполагают, что возобновление роста реальных располагаемых доходов населения в 2024 и 2025 годах будет способствовать возвращению уровня потребления овощей к значениям 2022 года. Это свидетельствует о некотором оптимизме в отношении развития ситуации, однако требуются дополнительные исследования и усилия для достижения желаемого результата.

Как известно, перевозка плодоовощной продукции является трудоемким процессом, требующим

проведения ряда мероприятий в соответствии с установленными правилами. Это относится как к доставке свежей плодоовощной продукции, так и к переработанной.

На рисунке 4 представлена информация о доставке сельскохозяйственной продукции от агропроизводителя до конечного потребителя. В ней отмечены основные этапы и участники цепочки поставок, отражены главные узлы поставочной цепи для сельскохозяйственной продукции от производителя до конечного потребителя. Каждый этап играет важную роль в обеспечении поставок свежей и качественной сельскохозяйственной продукции на потребительский рынок.

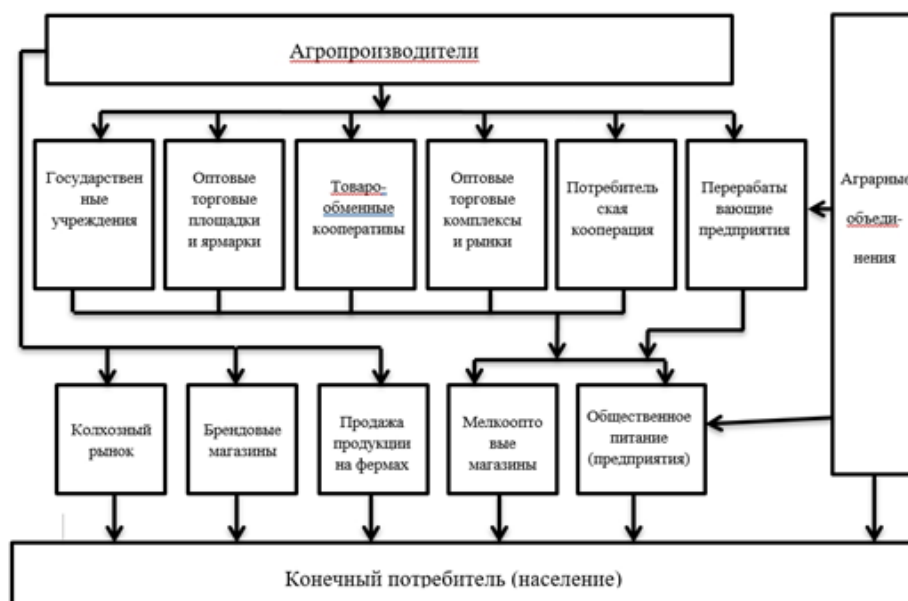


Рис. 4 – Перевозка овощей автомобильным транспортом потребителю  
Fig. 4 – Transportation of vegetables by road to the consumer

В последние годы наблюдается увеличение использования автомобильного и воздушного транспорта для перевозки овощей как внутри города, так и за его пределами. Эффективность транспортной системы играет важную роль как в успехе сельскохозяйственного производства в целом, так и плодоводства в частности.

Транспортные компании, занимающиеся перевозкой сельскохозяйственной продукции, несут определенную ответственность перед поставщиками в случае порчи плодоовощной продукции. Ответственность определена законодательством и договором между сторонами. Так, в случае порчи плодоовощной продукции в процессе транспортировки транспортная компания может быть обязана возместить убытки поставщику. Однако ответственность может быть ограничена определенными условиями и оговорками в договоре между сторонами.

Важно отметить, что ответственность транспортной компании может быть ограничена, так как сельскохозяйственная продукция может иметь свои особенности и уязвимости в процессе перевозки. Это может включать непредсказуемые возможности порчи продукции из-за естественного

ухудшения качества или непредвиденных обстоятельств, таких как погодные условия или неправильное хранение у поставщика.

#### Заключение

Итак, можно сделать вывод о том, что проблемы транспортировки сельскохозяйственной продукции в РФ оказывают негативное влияние на развитие сельского хозяйства и пищевой безопасности страны. Задержки, потери качества, высокие стоимости и сложности в организации доставки приводят к ухудшению условий хранения и снижению сроков годности продукции, а также ограничивают доступ к свежей и качественной пище. Проблема требует срочного решения и важно, чтобы государство и бизнес работали вместе для поиска эффективных решений. Это может включать в себя развитие инфраструктуры, модернизацию транспортных сетей, облегчение процедур перевозки, обучение кадров и применение новых технологий. Только совместными усилиями мы сможем обеспечить надежную и эффективную транспортировку сельскохозяйственной продукции и обеспечить население РФ качественными продуктами.

**Список источников**

1. Белю Л.П., Сохранность плодов на внутрихозяйственных перевозках / Симдянкин А.А., И.А. Успенский, Л.П. Белю, И.А. Юхин, О.В. Филюшин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2020. - №2 С.346 – 356

2. Успенский, И.А. Исследование алгоритма динамического расчета для уменьшения факторов, усиливающих колебательные движения автомобилей, приводящие к порче перевозимой плодово-овощной продукции / И.А. Успенский, М.В. Антоненко, Н.В. Лимаренко и др.] // Известия НВ АУК. 2022. № 3(67). С. 487-497.

3. Пути снижения травмируемости плодово-овощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / И. А. Успенский, И. А. Юхин, К. А. Жуков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 96. – С. 360-372. – EDN TYPEVV.

4. Исследование транспортировки яблок в таре по дорогам с различным покрытием / Л. П. Белю, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 3(71). – С. 526-539. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-03-52. – EDN VRZZVV

5. Техника, технологии и оборудование для вывозки плодов из сада / И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Шафоростов, Н. М. Воронкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 107. – С. 459-472. – EDN TPWDEL.

6. Бышов, Н.В. Обзор разработок в области сохранения качества яблок при перевозке контейнерным способом / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, Кокорев Г.Д., Юхин И.А., и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 133. С. 1280-1299.

7. Успенский, И. А. Перспективные устройства для повышения сохранности плодово-овощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / И. А. Успенский, И. А. Юхин, К. А. Жуков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 95. – С. 387-400. – EDN RVEYKN.

8. Бортник, А.В. Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований устойчивости движения тракторного поезда / А.В. Бортник, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Политематиче-

ский сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 164/10. С. 222-231. IDA [article ID]: 1642010019.

9. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодово-овощной продукции / И. А. Успенский [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-02-51. – EDNKVXESP.

10. Белю Л.П. Оценка потенциальной повреждаемости сельскохозяйственных грузов при их перевозке по дорогам с различным покрытием / Симдянкин А.А., Белю Л.П. // Нива Поволжья - 2020. - №2 (55).

11. Инновационные решения в технологии и технике транспортировки продукции растениеводства / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. Н. Кулик, Д. С. Рябчиков // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 7. – С. 10-12. – EDN QOYMDF.

12. Устройство для сохранения прямолинейности движения транспортного средства / Г. Д. Кокорев, Н. В. Аникин, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Нива Поволжья. – 2010. – № 2(15). – С. 48-50. – EDN NSIYHT.

13. Некоторые аспекты снижения повреждений плодов при уборочно-транспортных работах / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 121. – С. 592-608. – DOI 10.21515/1990-4665-121-029. – EDN WWSKUH.

14. Успенский, И. А. Снижение травмирования корнеклубнеплодов при их перевозке самосвальным транспортным средством / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. А. Голиков // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 6(276). – С. 22-25. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-6-22-25. – EDN ZLXONZ.

15. Мероприятия по повышению эксплуатационных показателей автотракторной техники при внутрихозяйственных перевозках в АПК / А. В. Бортник, И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Волченкова // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 9(267). – С. 33-36. – DOI 10.33267/2072-9642-2019-9-33-36. – EDN KAKPFY.

16. Жуков, К. А. Устройство для транспортировки плодово-овощной продукции / К. А. Жуков, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 1. – С. 18-19. – EDN RWUUYV.

*Вклад авторов:*

*Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

**References**

1. Belyu L.P., Sohrannost' plodov na vnutrihozjaystvennyh perevozkah / Simdyankin A.A., I.A. Uspenskij, L.P. Belyu, I.A. YUhin, O.V. Filyushin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2020. - №2 S.346 – 356

2. Uspenskij, I.A. Issledovanie algoritma dinamicheskogo rascheta dlya umen'sheniya faktorov, usilivayushchih kolebatel'nye dvizheniya avtomobilej, privodyashchie k porche perevozimoy plodoovoshchnoj produkcii / I.A. Uspenskij, M.V. Antonenko, N.V. Limarenko i dr.] // Izvestiya NV AUK. 2022. № 3(67). S. 487-497.



3. Puti snizheniya travmiruemosti plodoovoshchnoj produkcii pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, K. A. ZHukov [i dr.] // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2014. – № 96. – S. 360-372. – EDN TYPEVV.
4. Issledovanie transportirovki yablok v tare po dorogam s razlichnym pokrytiem / L. P. Belyu, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin [i dr.] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2023. – № 3(71). – S. 526-539. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-03-52. – EDN VRZZVV
5. Tekhnika, tekhnologii i oborudovanie dlya vyvozki plodov iz sada / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, V. A. SHaforostov, N. M. Voronkin // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2015. – № 107. – S. 459-472. – EDN TPWDEL.
6. Byshov, N.V. Obzor razrabotok v oblasti sohraneniya kachestva yablok pri perevozke kontejnernym sposobom / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspenskij, Kokorev G.D., YUhin I.A., i dr. // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. № 133. S. 1280-1299.
7. Uspenskij, I. A. Perspektivnye ustrojstva dlya povysheniya sohrannosti plodoovoshchnoj produkcii pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, K. A. ZHukov // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2014. – № 95. – S. 387-400. – EDN RVEYKN.
8. Bortnik, A.V. Analiz rezul'tatov teoreticheskikh i eksperimental'nyh issledovanij ustojchivosti dvizheniya traktornogo poezda / A.V. Bortnik, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin i dr. // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 164/10. S. 222-231. IDA [article ID]: 1642010019.
9. Povyshenie effektivnosti vnutrihozyajstvennyh perevozok plodoovoshchnoj produkcii / I. A. Uspenskij [i dr.] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2023. – № 2(70). – S. 429-439. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-02-51. – EDNKBXECR.
10. Belyu L.P. Ocenka potencial'noj povrezhdaemosti sel'skohozyajstvennyh грузов pri ih perevozke podorogam s razlichnym pokrytiem / Simdyankin A.A., Belyu L.P. // *Niva Povolzh'ya*-2020. -№2(55).
11. Innovacionnye resheniya v tekhnologii i tekhnike transportirovki produkcii rastenievodstva / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, S. N. Kulik, D. S. Ryabchikov // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2013. – № 7. – S. 10-12. – EDN QOYMDF.
12. Ustrojstvo dlya sohraneniya pryamolinejnosti dvizheniya transportnogo sredstva / G. D. Kokorev, N. V. Anikin, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin // *Niva Povolzh'ya*. – 2010. – № 2(15). – S. 48-50. – EDN NSIYHT.
13. Nekotorye aspekty snizheniya povrezhdenij plodov pri uborochno-transportnyh rabotah / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij [i dr.] // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2016. – № 121. – S. 592-608. – DOI 10.21515/1990-4665-121-029. – EDN WWSKUH.
14. Uspenskij, I. A. Snizhenie travmirovaniya korneklubneplodov pri ih perevozke samosval'nym transportnym sredstvom / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, A. A. Golikov // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2020. – № 6(276). – S. 22-25. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-6-22-25. – EDN ZLXONZ.
15. Meropriyatiya po povysheniyu ekspluatacionnyh pokazatelej avtotraktornoj tekhniki pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah v APK / A. V. Bortnik, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, V. A. Volchenkova // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2019. – № 9(267). – S. 33-36. – DOI 10.33267/2072-9642-2019-9-33-36. – EDN KAKPFY.
16. ZHukov, K. A. Ustrojstvo dlya transportirovki plodoovoshchnoj produkcii / K. A. ZHukov, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2014. – № 1. – S. 18-19. – EDN RWUUYV.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

#### Информация об авторах

**Успенский Иван Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [ivan.uspensckij@yandex.ru](mailto:ivan.uspensckij@yandex.ru)

**Белю Людмила Петровна**, канд. техн. наук, доцент кафедры экономики и права, Московский экономический институт, [mila2807@bk.ru](mailto:mila2807@bk.ru)

**Юхин Иван Александрович**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [yuival@rambler.ru](mailto:yuival@rambler.ru)

**Филюшин Олег Владимирович**, канд. техн. наук, ассистент кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, [olegfil93@mail.ru](mailto:olegfil93@mail.ru)





**Author information**

**Uspensky Ivan Alekseevich**, Doctor of of Technical Sci., Professor, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, ivan.uspensckij@yandex.ru

**Belyu Lyudmila Petrovna**, Ph.D., Associate Professor, Department of Economics and Law, Moscow Economic Institute, mila2807@bk.ru

**Yukhin Ivan Alexandrovich**, Doctor of Technical Sci., Professor, Head of the Department of Automotive and Tractor Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, yuival@rambler.ru

**Filyushin Oleg Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences, assistant of the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, olegfil93@mail.ru

Статья поступила в редакцию 23.01.2024; одобрена после рецензирования 03.03.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 23.01.2024; approved after reviewing 03.03.2024; accepted for publication 11.03.2024.





## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 634.1  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.98.54.021

## ВОЗДЕЙСТВИЕ КОЛЕБАНИЙ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЕЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

**Иван Алексеевич Успенский**<sup>1</sup>✉, **Людмила Петровна Белю**<sup>2</sup>, **Анна Сергеевна Сивиркина**<sup>3</sup>,  
**Иван Александрович Юхин**<sup>4</sup>, **Олег Владимирович Филюшин**<sup>5</sup>

<sup>1,4,5</sup> Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия

<sup>2</sup> Московский экономический институт, г.Москва, Россия

<sup>3</sup> Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, г.Рязань, Россия

<sup>1</sup> [ivan.uspensckij@yandex.ru](mailto:ivan.uspensckij@yandex.ru)

<sup>2</sup> [mila2807@bk.ru](mailto:mila2807@bk.ru)

<sup>3</sup> [sivirkinaas@yandex.ru](mailto:sivirkinaas@yandex.ru)

<sup>4</sup> [yuival@rambler.ru](mailto:yuival@rambler.ru)

<sup>5</sup> [olegfil93@mail.ru](mailto:olegfil93@mail.ru)

**Аннотация.**

**Проблемы и цель.** Целью работы является исследование влияния вертикальных, горизонтальных и круговых колебаний на повреждение сельскохозяйственной продукции при ее транспортировании с учетом изменяющейся величины амплитуды колебаний, а также рассмотрение как индивидуального воздействия каждого из вышеперечисленных параметров, так и их совместного воздействия.

**Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели были изучены и проанализированы факторы динамического воздействия на сельскохозяйственную продукцию при транспортировке.

**Результаты.** В статье рассмотрены результаты исследования влияния вертикальных, горизонтальных и круговых колебаний на повреждения сельскохозяйственной продукции при транспортировке с использованием теории планирования эксперимента. В результате проведенных вычислений и построения графических зависимостей определили, что наибольшее влияние на сохранность плодоовощной продукции при определенной амплитуде колебаний груза, находящегося в транспортном средстве, оказывают вертикальные колебания (фактор  $x_1$ ), в меньшей степени – горизонтальные колебания (фактор  $x_2$ ). Как видно из уравнения регрессии, одновременное влияние всех трех факторов вызывает наиболее значительные повреждения сельскохозяйственной продукции.

**Заключение.** Результатом исследований является разработка методики и практических мероприятий, направленных на уменьшение влияния факторов, вызывающих колебания груза, а также принятие мер со стороны перевозчика и хозяйства, позволяющих снизить негативные воздействия, приводящие к излишней подвижности перевозимой продукции, что, в конечном результате, влияет на ее повреждения.

**Ключевые слова:** вертикальные и горизонтальные колебания, микрорельеф местности, теория планирования эксперимента, транспортные средства

**Для цитирования:** Успенский И.А., Белю Л.П., Сивиркина А.С., Юхин И.А., Филюшин О.В. Воздействие колебаний плодоовощной продукции на ее повреждения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №1. С.155-162 <https://doi.org/110.36508/RSATU.2024.98.54.021>

Original article

## IMPACT OF FLUCTUATIONS IN FRUIT AND VEGETABLES ON ITS DAMAGE

**Ivan A. Uspensky**<sup>1</sup>✉, **Lyudmila P. Belyu**<sup>2</sup>, **Anna S. Sivirkina**<sup>3</sup>, **Ivan A. Yukhin**<sup>4</sup>, **Oleg V. Filyushin**<sup>5</sup>

<sup>1,4,5</sup> Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>2</sup> Moscow Economic Institute, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

<sup>1</sup> [ivan.uspensckij@yandex.ru](mailto:ivan.uspensckij@yandex.ru)

© Успенский И.А., Белю Л.П., Сивиркина А.С., Юхин И.А., Филюшин О.В., 2024 г.

<sup>2</sup> mila2807@bk.ru<sup>3</sup> sivirkinaas@yandex.ru<sup>4</sup> yuival@rambler.ru<sup>5</sup> olegfil93@mail.ru

### Annotation

**Problem and purpose.** The purpose of the work is to study the influence of vertical, horizontal and circular vibrations on the damageability of agricultural products during transportation, taking into account the changing amplitude of vibrations, as well as to consider both the individual impact of each of the above parameters and their joint impact.

**Methodology.** To achieve this goal, factors of dynamic impact on agricultural products during transportation were studied and analyzed.

**Results.** The article discusses the results of a study of the influence of vertical, horizontal and circular vibrations on the damageability of agricultural products during transportation using the theory of experimental planning. As a result of the calculations and construction of graphical dependencies, it was determined that vertical vibrations (factor  $x_1$ ) have the greatest impact on the safety of fruits and vegetables at a certain amplitude of vibrations of the cargo in the vehicle, and to a lesser extent – horizontal vibrations (factor  $x_2$ ). As can be seen from the regression equation, the simultaneous influence of all three factors causes the most significant damage to agricultural products.

**Conclusion.** The result of the research is the development of methodology and practical measures aimed at reducing the factors causing fluctuations in cargo, as well as the adoption of measures by the carrier and farms to reduce the negative impacts leading to excessive mobility of transported products, which will ultimately affect its safety.

**Key words:** vertical and horizontal vibrations, terrain microrelief, theory of experiment planning, vehicles

**For citation:** Uspensky I.A., Belyu L.P., Sivirkina A.S., Yukhin I.A., Filyushin O.V. The impact of fluctuations in fruit and vegetable on its damage // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P 155-162 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.98.54.021>

### Введение

В результате увеличения количества производимой и перемещаемой сельскохозяйственной продукции происходит увеличение объема ее перевозки. Более высокие скорости, увеличение нагрузки на ось транспортного средства (ТС), высота неровностей дорожного покрытия являются причинами, в результате которых увеличивается вибрация автомобиля. При транспортировке сельскохозяйственной продукции автомобильным грузовым транспортом к местам хранения или использования происходят необоснованные повреждения груза. При анализе этих факторов выявлена зависимость между повреждениями груза и его колебательными движениями в кузове автомобиля, движущегося с определенной скоростью по дороге с неровным покрытием [1,2,16].

Вертикальные нагрузки на ось транспортного средства состоят из статической и динамической составляющих. Статическая составляющая вытекает из распределения веса транспортного средства по его осям. Динамическая составляющая обусловлена неровностями дороги, которые подвергают транспортное средство вертикальным колебаниям. Она зависит от неровностей дороги, характеристик транспортного средства и его скорости. Когда скорость транспортного средства мала по сравнению со скоростями волн в почве, вклад статической составляющей в колебания свободного поля незначителен. Таким образом, было бы очень полезно определить связь между характеристиками дорожного покрытия, типами транспортных средств и последующими повреждениями груза [1, 2, 3].

Как известно, при перевозке продукции из садоводческих хозяйств к месту хранения или продажи

транспортные средства пересекают грунтовые дороги с постоянно меняющимся рельефом, транспортные сооружения, имеющие свои собственные колебательные движения. Все эти помехи сказываются на скорости автомобиля, рывках и резких остановках во время движения [5,6,14,15]. В конечном итоге, нарушение плавности хода транспортного средства приводит к возникновению динамических воздействий на перевозимый груз, и, как следствие, приводят к его повреждению. Следовательно, актуальной задачей исследования является снижение динамического воздействия на груз посредством теоретических и практических методов ее решения.

### Материалы и методы исследований

Рассмотрим вертикальные, горизонтальные и круговые колебания, воздействующие на груз при транспортировке [5].

Вертикальное движение имеет абсолютные значения положительного и отрицательного ускорений. Однако для плодов при перевозке может быть найден определенный предел максимального ускорения, перейдя который они начинают разрушаться, так как возникает достаточно много новых точек соприкосновения между ними. Процесс перемещения плода уменьшается и приходит в состояние покоя при перераспределении всех нормальных и касательных напряжений, при этом их момент относительно любой точки должен быть равен нулю.

При возникновении горизонтальных колебаний между плодом и дном ящика возникают касательные напряжения, однако, движения плодов с отрывом не будет. При круговых колебаниях изменяется ускорение как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях, что оказывает суще-



ственное влияние на изменение величины и направления в плоскости колебаний вектора динамического веса. Таким образом, при воздействии на перевозимый груз параметров вибрации можно подразумевать допустимое сочетание амплитуды и частоты вибрации, при котором превышение только одного из них вызывает повреждение плодов и потерю товарного сорта [5-8,12,13].

Воздействие вертикальных, горизонтальных и круговых колебаний на груз при транспортировке, рассмотрим с использованием теории планирования эксперимента [9,2,11,12] с учетом определения нескольких опытов и оценки условий их проведения. С этой целью необходимо определить независимые переменные факторов  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$ .

Применение в исследовании методики теории планирования экспериментов позволяет сократить их до минимального количества, используя имитацию поведения системы, что позволяет рассмотреть возможные комбинации уровней принятых факторов.

Цель расчета заключается в определении количественной характеристики исследования, т.е. параметра оптимизации.

Для начала исследования необходимо математическое описание эксперимента с использованием функции нескольких переменных [10]:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k). \quad (1)$$

Оценим характер влияния вертикальных, горизонтальных и круговых колебаний, воздействующих

на плодоовощную продукцию при транспортировке

### Результаты исследований и их обсуждение

Рассмотрим вертикальные, горизонтальные и круговые колебания, Гц, при амплитуде колебаний 1,5 мм, воздействующие на перевозимую плодоовощную продукцию, %. С использованием возможностей теории планирования эксперимента определим тип колебаний, приносящий наиболее ощутимый вред грузу. В качестве параметра оптимизации принято повреждение плодоовощной продукции, %.

Обозначим следующие факторы для расчета (табл. 1):

$x_1$  – воздействие вертикальных колебаний, Гц;

$x_2$  – воздействие горизонтальных колебаний, Гц;

$x_3$  – воздействие круговых колебаний, Гц.

Так как в полнофакторном эксперименте нелинейность наблюдалась незначительно, то в качестве регрессионного уравнения используем следующее:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3 + b_7x_1x_2x_3, \quad (2)$$

где  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$ ,  $b_5$ ,  $b_6$  и  $b_7$  – неизвестные коэффициенты регрессионного уравнения;

В таблице 1 представлена матрица планирования эксперимента с эффектом взаимодействия факторов.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента с эффектом взаимодействия

| № п/п | Матрица планирования |       |       | Отклики |       |          |
|-------|----------------------|-------|-------|---------|-------|----------|
|       | $x_1$                | $x_2$ | $x_3$ | $y_1$   | $y_2$ | $y_{cp}$ |
| 1     | - 1                  | - 1   | - 1   | 3,55    | 3,05  | 3,3      |
| 2     | + 1                  | - 1   | - 1   | 5       | 4,6   | 4,8      |
| 3     | - 1                  | + 1   | - 1   | 4,2     | 3,4   | 3,8      |
| 4     | + 1                  | + 1   | - 1   | 2,9     | 2,7   | 2,8      |
| 5     | - 1                  | - 1   | + 1   | 4,1     | 3,7   | 3,9      |
| 6     | + 1                  | - 1   | + 1   | 4       | 4,2   | 4,1      |
| 7     | - 1                  | + 1   | + 1   | 3,05    | 3,35  | 3,2      |
| 8     | + 1                  | + 1   | + 1   | 5,3     | 4,7   | 5        |

Следующим этапом нам предстоит провести оценку результатов проведенного эксперимента и для этого проверить однородность результатов опытов по критерию «Кохрена» с использованием формулы:

$$S_j^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{u=1}^m (y_j^u - y_{jcp})^2, \quad (3)$$

где  $j=1,2,\dots,N$ ,  $m=2,u=1,2$ .

Подставив данные в формулу (3), вычисляем дисперсии для первого опыта.

$$S_1^2 = (y_1^1 - y_{1cp})^2 + (y_1^2 - y_{1cp})^2 = (3,55 - 3,3)^2 + (3,05 - 3,3)^2 = 0,125.$$

Аналогично, проверим однородность всех последующих опытов эксперимента с использованием формулы (3).

Вычислим сумму дисперсии:  $\sum_{j=1}^8 S_j^2 = 0,87$ .

Определим значение критерия «Кохрена» по формуле:

$$G_{\text{экс}} = \frac{S_{\text{max}}^2}{\sum_{j=1}^8 S_j^2} = \frac{0,32}{0,87} = 0,37. \quad (4)$$

Определив числа степеней свободы:  $f_1=m-1=2-1=1$ ,  $f_2=N=8$ , по таблице для уровня значимости  $q=0,05$  определяем  $G_{\text{кр}}=0,680$ .

Так как условие  $G_{\text{экс}}=0,37 < G_{\text{кр}}=0,680$  выполняется, то гипотеза об однородности дисперсии не отвергается.

В таблице 2 рассмотрена матрица планирования эксперимента.





Таблица 2- Матрица планирования эксперимента

| № п/п | Матрица планирования |                |                | Векторы столбцы взаимодействия |                               |                               |  | Отклик |
|-------|----------------------|----------------|----------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|--------|
|       | X <sub>1</sub>       | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>  | X <sub>1</sub> X <sub>3</sub> | X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> | X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> | уср    |
| 1     | - 1                  | - 1            | - 1            | +                              | +                             | +                             | -  | 3,3    |
| 2     | + 1                  | - 1            | - 1            | -                              | -                             | +                             | +  | 4,8    |
| 3     | - 1                  | + 1            | - 1            | -                              | +                             | -                             | +  | 3,8    |
| 4     | + 1                  | +1             | - 1            | +                              | -                             | -                             | -  | 2,8    |
| 5     | - 1                  | - 1            | + 1            | +                              | -                             | -                             | +  | 3,9    |
| 6     | + 1                  | - 1            | +1             | -                              | +                             | -                             | -  | 4,1    |
| 7     | - 1                  | + 1            | + 1            | -                              | -                             | +                             | -  | 3,2    |
| 8     | +1                   | +1             | +1             | +                              | +                             | +                             | +  | 5      |

Вычислим коэффициенты уравнения регрессии для всех опытов.

Путем вычисления получим коэффициент уравнения регрессии для первого опыта:

$$b_0 = \frac{3,3 + 4,8 + 3,8 + 2,8 + 3,9 + 4,1 + 3,2 + 5}{8} = 3,86.$$

Аналогично получим коэффициент уравнения регрессии для всех последующих опытов.

Для того, чтобы проверить значимость полученных коэффициентов уравнения регрессии, определяем дисперсию воспроизводимости по известной формуле:

$$S_{\text{ВОСПР}}^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^8 S_j^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,87 = 0,11. \quad (5)$$

В дальнейших вычислениях находим дисперсию ошибки определения коэффициентов регрессии:

$$S_{bi}^2 = \frac{1}{N \cdot m} \cdot S_{\text{ВОСПР}}^2 = \frac{1}{8 \cdot 2} \cdot 0,10875 = 0,007, \quad (6)$$

$$S_{bi} = \sqrt{0,007} = 0,08.$$

В дальнейших расчетах необходимо определить доверительный интервал для коэффициентов уравнения регрессии  $\Delta t_i$ , для этого надо установить число степеней свободы  $f_3 = N(m-1) = 8(2-1) = 8$ . Далее в зависимости от числа степеней свободы и уровня значимости  $q = 0,05$  по таблице находим значение  $t_{\text{кр}} = 2,31$ .

Определяем доверительный интервал по формуле:

$$\Delta t_i = \pm t_{\text{кр}} \cdot S_{bi} = \pm 2,31 \cdot 0,08 = \pm 0,185. \quad (7)$$

Таблица 3 – Расчет дисперсии адекватности

| № п/п | Y <sub>ср</sub> | y*    | Y <sub>ср</sub> - y* | (Y <sub>ср</sub> - y*) <sup>2</sup> |
|-------|-----------------|-------|----------------------|-------------------------------------|
| 1     | 3,3             | 3,25  | 0,05                 | 0,0025                              |
| 2     | 4,8             | 4,525 | 0,275                | 0,0756                              |
| 3     | 3,8             | 3,85  | -0,05                | 0,0025                              |
| 4     | 2,8             | 3,075 | -0,275               | 0,0756                              |
| 5     | 3,9             | 3,85  | 0,05                 | 0,0025                              |
| 6     | 4,1             | 3,825 | 0,275                | 0,0756                              |
| 7     | 3,2             | 3,25  | -0,05                | 0,0025                              |
| 8     | 5               | 5,275 | -0,275               | 0,0756                              |
|       |                 | сумма |                      | 0,3125                              |

Согласно теории планирования эксперимента, коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала. В наших вычислениях коэффициенты  $b_2$  и  $b_{12}$  не удовлетворяют этому условию, следовательно,  $l=6$ .

Оставляя только значимые коэффициенты регрессии, получим уравнение регрессии

$$y = 3,86 + 0,31x_1 + 0,19x_3 + 0,19x_1x_3 +$$

$$+ 0,21x_2x_3 + 0,51x_1x_2x_3. \quad (8)$$

Для проверки адекватности модели, то есть уравнения регрессии, находим значение отклика по уравнению регрессии в каждом опыте. Определим значение отклика по первому опыту, все остальные вычисления выполним аналогично и значения занесем в таблицу 3.

$$y_1^* = 3,86 + 0,31(-) + 0,19(-) + 0,19(+)+ + 0,21(+)+ + 0,51(-) = 3,25;$$

Так как число значимых коэффициентов регрессии  $l=6$ , то:

$$S_{\text{АД}}^2 = \frac{m}{N-l} \sum_{j=1}^N (y_{\text{ср}} - y^*)^2 = \frac{2}{8-6} \cdot 0,3125 = 0,3125. \quad (9)$$

Найдем дисперсионное отношение:

$$F = \frac{S_{\text{АД}}^2}{S_{\text{ВОСПР}}^2} = \frac{0,3125}{0,11} = 2,84.$$

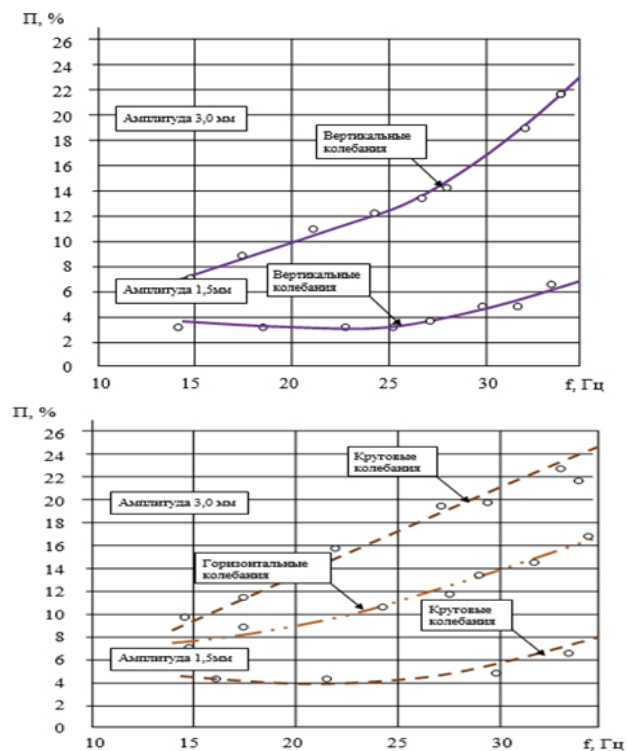


Как и в ранее выполненном расчете, повторяем аналогичные вычисления: определяем числа степеней свободы:  $f_4=N-6=8-6=2$ ,  $f_3=N(m-1)=8(2-1)=8$ .

По таблицам определим уровень значимости  $F_{кр}=4,5$ , в зависимости от  $q=0,05$ .

Так как условие  $F < F_{кр}$  ( $2,84 < 4,5$ ) выполняется, то гипотеза об адекватности модели не отвергается. Таким образом, можно считать, что уравнение регрессии составлено верно.

На представленных графиках рассмотрена зависимость повреждения плодоовощной продукции, %, при амплитуде колебаний 1,5 мм; 3,0 мм: на рисунке 1а – от частоты вертикальных колебаний, Гц,; на рисунке 1б – от частоты горизонтальных и круговых колебаний, Гц.



а – график зависимости повреждения продукции, %, от воздействия вертикальных колебаний, Гц, при амплитуде колебаний 1,5; 3,0 мм; б - график зависимости повреждения продукции, %, от воздействия горизонтальных и круговых колебаний, Гц, при амплитуде колебаний 1,5; 3,0 мм.

Рис. 1 - График зависимости повреждения продукции, %, от воздействия вертикальных и горизонтальных колебаний, Гц, при амплитуде колебаний 1,5; 3,0 мм.

a - graph of the dependence of product damage, %, on the impact of vertical vibrations, Hz at a vibration amplitude of 1.5; 3.0 mm; b - graph of the dependence of product damage, %, on the influence of horizontal and circular vibrations, Hz with a vibration amplitude of 1.5; 3.0 mm.

Fig. 1 – Graph of the dependence of product damage, %, on the impact of vertical and horizontal vibrations, Hz with a vibration amplitude of 1.5; 3.0 mm.

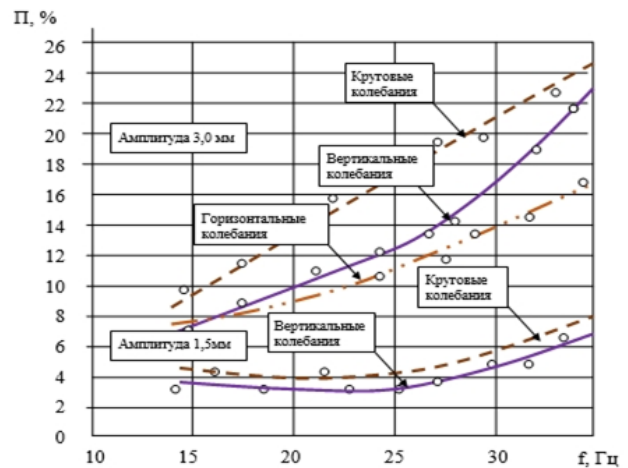


Рис. 2 – График зависимости повреждения продукции, %, от воздействия вертикальных, горизонтальных и круговых колебаний, Гц при амплитуде колебаний 1,5; 3,0 мм.

Fig. 2 – Graph of the dependence of product damage, %, on the impact of vertical, horizontal and circular vibrations, Hz with a vibration amplitude of 1.5; 3.0 mm.

Из графика зависимости, представленного на рисунке 1а, прослеживается линейная зависимость повреждения продукции от воздействия вертикальных колебаний, при этом чем больше амплитуда, тем эта зависимость возрастает. На рисунке 1б можно увидеть, что горизонтальные колебания при амплитуде 1,5 мм носят затухающий характер, не воздействуя на продукцию.

На графике, представленном на рисунке 2, рассмотрена зависимость повреждения плодоовощной продукции от частоты вертикальных, горизонтальных и круговых колебаний, Гц, при амплитуде колебаний 1,5 мм; 3,0 мм. Из графика зависимости можно увидеть, что при увеличении амплитуды происходит воздействие всех типов колебаний на повреждение продукции.

Итак, характер влияния всех параметров одинаков, так как все факторы входят в уравнение со знаком «+». Поэтому увеличение любого из факторов 1 или 3 приводит к увеличению результирующего значения функции  $y$ . Кроме того, вертикальные колебания – фактор  $x_1$  – оказывает большее влияние на повреждение продукции, и, как видно из уравнения, одновременное влияние всех трех факторов оказывает наиболее значительное повреждение.

### Заключение

Проблема снижения повреждений перевозимой сельскохозяйственной продукции при транспортировке по дороге с повышенными неровностями имеет огромное значение для ее производителей. Учет факторов, которые вместе или попеременно оказывают наибольшее негативное воздействие при транспортировке, поможет при определении маршрута, условий транспортировки при следовании к месту хранения. Для выявления этого воздействия было проведено исследование с использованием теории планирования экспе-



римента. Рассмотрены факторы воздействия на транспортируемую сельскохозяйственную продукцию: вертикальные, горизонтальные и круговые колебания плодоовощной продукции при перевозке.

Анализируя количественную характеристику коэффициентов уравнения регрессии, определили, что наибольшее влияние на повреждение плодоовощной продукции при амплитуде колебаний груза, находящегося в транспортном средстве, равной 1,5 мм, оказывают вертикальные колебания (фактор  $x_1$ ), в меньшей степени – горизонтальные колебания (фактор  $x_2$ ). Как видно из уравнения регрессии, одновременное влияние всех трех факторов оказывает наиболее значительное повреждение сельскохозяйственной продукции.

Результатом исследований является разработка методики и практических мероприятий, направленных на уменьшению факторов, вызывающих колебания груза, а также принятие мер со стороны перевозчика и хозяйств, позволяющих снизить негативные воздействия, приводящие к излишней подвижности перевозимой продукции, что, в конечном результате, повлияет на ее сохранность.

#### Список источников

1. Белю Л.П., Сохранность плодов на внутрихозяйственных перевозках / Симдянкин А.А., И.А. Успенский, Л.П. Белю, И.А. Юхин, О.В. Филюшин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2020. - №2 С.346 – 356
2. Исследование транспортировки яблок в таре по дорогам с различным покрытием / Л. П. Белю, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 3(71). – С. 526-539. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-03-52. – EDN VRZZVV.
3. Алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. В. Колупаев, К. А. Жуков // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 12. – С. 12-15. – EDN RPYLRF.
4. Повышение эксплуатационных качеств транспортных средств при перевозке грузов в АПК / Н. В. Аникин, Г. Д. Кокорев, Г. К. Рембалович [и др.] // Международный технико-экономический журнал. – 2009. – № 3. – С. 92-96. – EDN LSQIBF.
5. Белю Л.П. Оценка потенциальной повреждаемости сельскохозяйственных грузов при их перевозке по дорогам с различным покрытием / Симдянкин А.А., Белю Л.П. // Нива Поволжья - 2020. - №2 (55).
6. Повышение качества перевозки картофеля, плодов и фруктов совершенствованием подвески транспортного средства / Н. В. Аникин, Г. Д. Кокорев, Г. К. Рембалович [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2009. – № 2(33). – С. 38-40. – EDN KZGPPX.
7. Перспективы повышения эксплуатационных показателей транспортных средств при внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 78. – С. 227-238. – EDN OXQWSL.
8. Жуков, К. А. Устройство для транспортировки плодоовощной продукции / К. А. Жуков, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 1. – С. 18-19. – EDN RWUUYV.
9. Перспективы применения системно-информационного подхода к формированию качества плодоовощной продукции при уборке, транспортировке и хранении / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 123. – С. 841-855. – DOI 10.21515/1990-4665-123-057. – EDN XDZYBX.
10. Некоторые аспекты снижения повреждений плодов при уборочно-транспортных работах / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 121. – С. 592-608. – DOI 10.21515/1990-4665-121-029. – EDN WWSKUH.
11. Техника, технологии и оборудование для вывозки плодов из сада / И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Шафоростов, Н. М. Воронкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 107. – С. 459-472. – EDN TPWDEL.
12. Инновационные решения в технологии и технике транспортировки продукции растениеводства / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. Н. Кулик, Д. С. Рябчиков // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 7. – С. 10-12. – EDN QOYMDF.
13. Бычков, В. В. Ресурсосберегающие технологии и технические средства для механизации садоводства / В. В. Бычков, Г. И. Кадыкало, И. А. Успенский // Садоводство и виноградарство. – 2009. – № 6. – С. 38-42. – EDN KZIOOD.
14. Устройство для сохранения прямолинейности движения транспортного средства / Г. Д. Кокорев, Н. В. Аникин, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Нива Поволжья. – 2010. – № 2(15). – С. 48-50. – EDN NSIYHT.
15. Успенский, И. А. Снижение травмирования корнеклубнеплодов при их перевозке самосвальным транспортным средством / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. А. Голиков // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 6(276). – С. 22-25. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-6-22-25. – EDN ZLXONZ.
16. Мероприятия по повышению эксплуатационных показателей автотракторной техники при внутрихозяйственных перевозках в АПК / А. В. Бортник, И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Волченкова // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 9(267). – С. 33-36. – DOI 10.33267/2072-9642-2019-9-33-36. – EDN KAKPFY.



Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### References

1. Belyu L.P., Sohrannost' plodov na vnutrihozyajstvennyh perevozkah / Simdyankin A.A., I.A. Uspenskij, L.P. Belyu, I.A. YUhin, O.V. Filyushin // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. - 2020. - №2 S.346 – 356
2. Issledovanie transportirovki yablok v tare po dorogam s razlichnym pokrytiem / L. P. Belyu, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin [i dr.] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2023. – № 3(71). – S. 526-539. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-03-52. – EDN VRZZVV.
3. Algoritm sohraneniya kachestva plodoovoshchnoj produkcii pri uborochno-transportnyh rabotah / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, S. V. Kolupaev, K. A. ZHukov // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2013. – № 12. – S. 12-15. – EDN RPYLRF.
4. Povyshenie ekspluatacionnyh kachestv transportnyh sredstv pri perevozke gruzov v APK / N. V. Anikin, G. D. Kokorev, G. K. Rembalovich [i dr.] // *Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal*. – 2009. – № 3. – S. 92-96. – EDN LSQIBF.
5. Belyu L.P. Ocenka potencial'noj povrezhdaemosti sel'skohozyajstvennyh gruzov pri ih perevozke po dorogam s razlichnym pokrytiem / Simdyankin A.A., Belyu L.P. // *Niva Povolzh'ya* - 2020. - №2 (55).
6. Povyshenie kachestva perevozki kartofelya, plodov i fruktov sovershenstvovaniem podveski transportnogo sredstva / N. V. Anikin, G. D. Kokorev, G. K. Rembalovich [i dr.] // *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agrozhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina"*. – 2009. – № 2(33). – S. 38-40. – EDN KZGPPX.
7. Perspektivy povysheniya ekspluatacionnyh pokazatelej transportnyh sredstv pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah plodoovoshchnoj produkcii / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij [i dr.] // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2012. – № 78. – S. 227-238. – EDN OXQWSL.
8. ZHukov, K. A. Ustrojstvo dlya transportirovki plodoovoshchnoj produkcii / K. A. ZHukov, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2014. – № 1. – S. 18-19. – EDN RWUUYV.
9. Perspektivy primeneniya sistemno-informacionnogo podhoda k formirovaniyu kachestva plodoovoshchnoj produkcii pri uborke, transportirovke i hranenii / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij [i dr.] // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2016. – № 123. – S. 841-855. – DOI 10.21515/1990-4665-123-057. – EDN XDZYBX.
10. Nekotorye aspekty snizheniya povrezhdenij plodov pri uborochno-transportnyh rabotah / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij [i dr.] // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2016. – № 121. – S. 592-608. – DOI 10.21515/1990-4665-121-029. – EDN WWSKUH.
11. Tekhnika, tekhnologii i oborudovanie dlya vyvozki plodov iz sada / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, V. A. Shaforostov, N. M. Voronkin // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2015. – № 107. – S. 459-472. – EDN TPWDEL.
12. Innovacionnye resheniya v tekhnologii i tekhnike transportirovki produkcii rastenievodstva / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, S. N. Kulik, D. S. Ryabchikov // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2013. – № 7. – S. 10-12. – EDN QOYMDF.
13. Bychkov, V. V. Resursosberegayushchie tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya mekhanizacii sadovodstva / V. V. Bychkov, G. I. Kadykalo, I. A. Uspenskij // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. – 2009. – № 6. – S. 38-42. – EDN KZIOOD.
14. Ustrojstvo dlya sohraneniya pryamolinejnosti dvizheniya transportnogo sredstva / G. D. Kokorev, N. V. Anikin, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin // *Niva Povolzh'ya*. – 2010. – № 2(15). – S. 48-50. – EDN NSIYHT.
15. Uspenskij, I. A. Snizhenie travmirovaniya korneklubneplodov pri ih perevozke samosval'nym transportnym sredstvom / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, A. A. Golikov // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2020. – № 6(276). – S. 22-25. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-6-22-25. – EDN ZLXONZ.
16. Meropriyatiya po povysheniyu ekspluatacionnyh pokazatelej avtotraktornoj tekhniki pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah v APK / A. V. Bortnik, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, V. A. Volchenkova // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2019. – № 9(267). – S. 33-36. – DOI 10.33267/2072-9642-2019-9-33-36. – EDN KAKPFY.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.





### **Информация об авторах**

**Успенский Иван Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [ivan.uspensckij@yandex.ru](mailto:ivan.uspensckij@yandex.ru)

**Белю Людмила Петровна**, канд. техн. наук доцент кафедры экономики и права, Московский экономический институт, [mila2807@bk.ru](mailto:mila2807@bk.ru)

**Сивиркина Анна Сергеевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры, информатики и информационных технологий, Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, г.Рязань, Россия, [sivirkinaas@yandex.ru](mailto:sivirkinaas@yandex.ru)

**Юхин Иван Александрович**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [yuival@rambler.ru](mailto:yuival@rambler.ru)

**Филюшин Олег Владимирович**, канд. техн. наук, ассистент кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, [olegfil93@mail.ru](mailto:olegfil93@mail.ru)

### **Author information**

**Uspensky Ivan A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, [ivan.uspensckij@yandex.ru](mailto:ivan.uspensckij@yandex.ru)

**Belyu Lyudmila P.**, Ph.D., Associate Professor, Department of Economics and Law, Moscow Economic Institute, [mila2807@bk.ru](mailto:mila2807@bk.ru)

**Sivirkina Anna S.**, Ph.D., Associate Professor, Department of Informatics and Information Technologies, Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, [sivirkinaas@yandex.ru](mailto:sivirkinaas@yandex.ru)

**Yukhin Ivan A.**, Doctor of., Professor, Head of the Department of Automotive and Tractor Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, [yuival@rambler.ru](mailto:yuival@rambler.ru)

**Filyushin Oleg V.**, Candidate of Technical Sciences, assistant of the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, [olegfil93@mail.ru](mailto:olegfil93@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 23.01.2024; одобрена после рецензирования 28.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 23.01.2024; approved after reviewing 28.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.





## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 532.5  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.44.82.022

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ КАВИТАТОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ**

**Олег Валентинович Ушаков**<sup>1</sup>✉, **Михаил Юрьевич Костенко**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Академия ФСИИ России, г Рязань, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г Рязань, Россия

<sup>1</sup> ovushakov62@mail.ru

<sup>2</sup> km340010@rambler.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** Гуминовые удобрения – это органические вещества, которые содержат в себе питательные элементы для растений. Они производятся из натурального сырья, такого как уголь, торф, перегной или сапропель. Эти удобрения содержат гуминовые кислоты, которые улучшают структуру почвы, увеличивают ее влагоемкость и воздухопроницаемость, а также способствуют развитию полезных микроорганизмов. Они также улучшают усвоение питательных веществ растениями и повышают их устойчивость к болезням и вредителям. Целью исследований является проведение сравнительного анализа трех видов кавитаторов с различным рабочим процессом при производстве гуминовых удобрений.

**Методология.** Исследования были проведены в производственных условиях на торфе фрезерном, соответствующем требованиям ГОСТ Р54249-2010., принятым за 100%. Сравнительному анализу эффективности подверглись кавитатор гидродинамический многокамерный (КГМ); роторно-импульсный аппарат (РИА) и ультразвуковой проточный кавитатор (УПК). Торфоводная суспензия в соотношении 3:1 (вода к торфу) из накопительной емкости подавалась на кавитатор в течение 40 минут по замкнутому циклу. Пробы брали каждые 5 минут для определения показателей дисперсности и экстракции гуминовых веществ в режиме кавитации без щелочи и с щелочью.

**Результаты.** В процессе работы наиболее быстрое измельчение заметно у роторно-импульсного аппарата – полное измельчение было получено через 30 минут работы. Полностью измельчить частицы торфа гидродинамический кавитатор смог через 30-35 минут. Ультразвуковой проточный кавитатор измельчил торф через 35-40 минут. Введение щелочи не оказало действия на измельчение частиц торфа, но способствовало повышению экстракции гуминовых кислот в раствор. К окончанию цикла измельчения (15-20 минут работы установки) в варианте с КГМ было вымыто 10,01г/л., роторно-импульсный аппарат вымыл 9,00 г/л, ультразвуковой кавитатор позволил извлечь 8,08 г/л. Введение щелочи значительно усилило процесс экстракции, позволив через 5 минут работы установки после введения щелочи почти вдвое увеличить содержание гуминовых кислот в растворе. Так, КГМ на 25-й минуте работы показал результат в 17,00 г/л (прибавка по сравнению с уровнем до введения щелочи 11,00 г/л). РИА показал прибавку гуминовых кислот по сравнению с экстракцией без щелочи на 7,01г/л. В варианте с УПК вводимая щелочь увеличила выход гуминовых кислот на 5 г./л. В целом к периоду времени 30-35 минут экстракция гуминовых кислот была завершена на всех вариантах.

**Заключение.** Кавитатор гидродинамический многокамерный показал лучший результат по времени измельчения торфоводной суспензии и экстракции гуминовых веществ. Необходимо отметить, что КГМ в эксплуатации был значительно удобнее и проще в обслуживании, чем все остальные кавитаторы.

**Ключевые слова:** кавитатор, кавитация, роторно-импульсный аппарат, проточный кавитатор, акустический кавитатор, ультразвуковой кавитатор

**Для цитирования:** Ушаков О.В. Костенко М.Ю. Сравнительный анализ рабочих процессов кавитаторов при производстве гуминовых удобрений. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т. 16, № 1, С. 163-173 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.44.82.022>



Original article

**COMPARATIVE ANALYSIS OF WORKING PROCESSES OF CAVITATORS IN THE PRODUCTION OF HUMIC FERTILIZERS****Oleg V. Ushakov**<sup>1✉</sup>, **Mikhail Yu. Kostenko**<sup>2</sup><sup>1</sup> Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia<sup>2</sup> Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia<sup>1</sup> ovushakov62@mail.ru<sup>2</sup> km340010@rambler.ru**Abstract**

**Problem and purpose.** Humic fertilizers are organic substances that contain nutrients for plants. They are made from natural raw materials such as coal, peat, humus or sapropel. These fertilizers contain humic acids, which improve the structure of the soil, increase its moisture capacity and air permeability, and also promote the development of beneficial microorganisms. They also improve the absorption of nutrients by plants and increase their resistance to diseases and pests. The purpose of the research is to conduct a comparative analysis of three types of cavitators with different working processes in the production of humic fertilizers.

**Methodology.** The studies were carried out under production conditions on milled peat that meets the requirements of GOST R54249-2010. accepted as 100%, a hydrodynamic multi-chamber cavitator (KGM) was subjected to a comparative analysis of efficiency; rotary pulse apparatus (RIA) and ultrasonic flow cavitator (UPC). A peat-water suspension in a ratio of 3:1 (water to peat) from a storage tank was supplied to the cavitator for 40 minutes, in a closed cycle. Samples were taken every 5 minutes to determine dispersity and extraction of humic substances in cavitation mode without alkali and with alkali.

**Results.** During operation, the fastest grinding is noticeable in the rotary-impulse apparatus; complete grinding was obtained after 30 minutes of operation. The hydrodynamic cavitator was able to completely crush the peat particles in 30-35 minutes. An ultrasonic flow cavitator crushed the peat in 35-40 minutes. The introduction of alkali had no effect on the grinding of peat particles, but contributed to an increase in the extraction of humic acids into the solution. By the end of the grinding cycle (15-20 minutes of operation of the installation), in the version with KGM, 10.01 g/l was washed out. The rotary pulse apparatus washed out 9.00 g/l. An ultrasonic cavitator made it possible to extract 8.08 g/l. The introduction of alkali significantly enhanced the extraction process, allowing 5 minutes of operation of the installation after the introduction of alkali to almost double the content of humic acids in the solution. Thus, the KGM at 25 minutes of operation showed a result of 17.00 g/l (an increase compared to the level before the introduction of alkali of 11.00 g/l). RIA showed an increase in humic acids compared to extraction without alkali by 7.01 g/l. In the variant with the UPC, the introduced alkali increased the yield of humic acids by 5 g/l. In general, by the time period of 30-35 minutes, the extraction of humic acids was completed in all variants.

**Conclusion.** The hydrodynamic multi-chamber cavitator showed the best result in terms of time for grinding the peat-water suspension and extracting humic substances. It should be noted that the KGM was much more convenient and easier to maintain than all other cavitators.

**Key words:** cavitator, cavitation, rotary pulse apparatus, flow cavitator, acoustic cavitator, ultrasonic cavitator

**For citation:** Ushakov O.V. Kostenko M.Yu. Comparative analysis of working processes of cavitators in the production of humic fertilizers. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P. 163-173 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.44.82.022>

**Введение**

Одним из направлений в современном сельском хозяйстве является применение гуминовых веществ в качестве удобрения или кормовой добавки для скота и птицы [1]. В настоящий момент объем гуминовых веществ, применяемых, как удобрение, выше, чем как кормовая добавка.

Гуминовые удобрения – это органические вещества, которые содержат в себе питательные элементы для растений. Они производятся из натурального сырья, такого как уголь, торф, перегной или сапропель. Эти удобрения содержат гуминовые кислоты, которые улучшают структуру почвы, увеличивают ее влагоемкость и воздухопроницаемость, а также способствуют развитию полезных

микроорганизмов (рис. 1). Они также улучшают усвоение питательных веществ растениями и повышают их устойчивость к болезням и вредителям. Гуминовые удобрения могут быть использованы для всех видов растений и на любых типах почв. Они особенно полезны для восстановления истощенных земель и улучшения плодородия почв. Важно помнить, что гуминовые удобрения не являются заменой основных питательных веществ, таких как азот, фосфор и калий, и должны использоваться в сочетании с ними. Кроме того, они могут быть дорогими, поэтому необходимо тщательно планировать их использование в соответствии с потребностями растений и состоянием почвы.



Рис. 1 – Схема применения гуминовых удобрений

Fig. 1 – Scheme for the use of humic fertilizers

На сегодняшний день одним из трендов интенсификации производства гуминовых удобрений является применение оборудования на основе кавитации. Кавитация – это физический процесс образования пустот в жидкости вследствие локального понижения давления с последующим их схлопыванием [2,3]. Многие исследования, как расчетные, так и экспериментальные, установи-

ли, что при схлопывании кавитационных пузырьков происходит разогрев стенок и содержимого – паров, газов, диффундирующих в пузырек, до температур более  $1000^{\circ}\text{C}$ , а также развивается давление более 100 МПа. Продолжительность процесса кавитации составляет менее 8-10 мкс [2-5,12]. Механизм кавитации можно представить состоящим из 5 основных этапов (табл. 1).

Таблица 1 – Этапы появления кавитации

| Этапы  | Описание этапа   | Условия  |
|--------|--|--|
| 1 этап | Образование в жидкости ядра будущей каверны или наличие в жидкости микропузырька (газовый микропузырек, ограничивающая стенка с микро шероховатостью). | Локальное понижение давления.  |
| 2 этап | Рост или расширение кавитационного пузырька из ядра-зародыша.  | Резкое расширение пузырька, наполнение пузырька газом (паром), образование развитой каверны.       |
| 3 этап | Образование развитой каверны. Срыв пузырька в потоке. Пульсация пузырька.  | Восстановление исходного давления. Развитие вихреобразования в потоке.                             |
| 4 этап | Схлопывание пузырька.  | $1000-4000^{\circ}\text{C}$ ,<br>$100-300\text{МПа}$ .   |
| 5 этап | Образование ударной волны или кумулятивной струи.  | Слияние нескольких ударных волн, резонанс или взаимогашение. Сонолюминесценция. Дегазация. Эрозия. |

Началом процесса кавитации служат зародыши и количество зародышей в объеме жидкости. Зародышем кавитации может быть микропузырек газа в жидкости, шероховатость на стенке трубопровода, участок трубопровода с локальным перепадом давления или твердая частичка в потоке жидкости. При локальном понижении давления зародыш дает образование пузырька, и именно с него начинается процесс развития кавитационной каверны [2,3,12].

#### Объекты и методы исследования

Одним из распространенных источников получения кавитации являются роторные системы, во многих публикациях именуемые как Роторно-Импульсные Аппараты (РИА). Данное оборудование в силу специфики и гетерогенности системы (многокомпонентность фаз системы с различными ха-

рактеристиками, например по вязкости) применяются при циркуляции рабочей среды – гетерогенной системы по замкнутому контуру «емкость-РИА» (рис. 2). Практические исследования показали, что наилучший результат в зависимости от сырья достигается в течение 30 циклов [5,6,7].

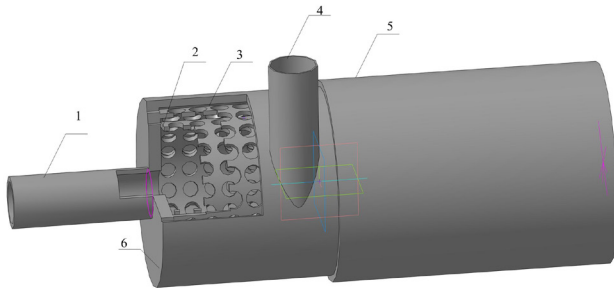
Кавитация в РИА образуется за счёт прохождения рабочей среды под давлением через отверстия в статоре при вращении ротора. Вследствие быстрого чередования фаз совпадения и несовпадения отверстий в рабочей полости (между статором и ротором), чередуются фазы высокого и соответственно низкого давления. В эти фазы начинается процесс кавитации.

Необходимо отметить, что есть конструкции, в которых отверстия на роторе и статоре заменены выполненными каналами на торцевых поверхно-





стях дисков [6,7,8]. Кроме торцевого и барабанного исполнения кавитатор может быть выполнен в виде трубы с выточенными на внутренней поверхности каналами. Внутри данной трубы вращается ротор с такими же каналами. Процесс возникновения кавитации в таких конструкциях одинаков [6,7,8].



1 – всасывающий патрубок; 2 – ротор аппарата; 3 – перфорированный статор; 4 – выходной патрубок; 5 – двигатель установки; 6 – корпус аппарата  
Рис. 2 – Схема роторно-импульсного аппарата  
1-suction pipe; 2-rotor of the apparatus; 3-perforated stator; 4-outlet pipe; 5 installation engine; 6-body of the device  
Fig. 2 – Diagram of a rotary-impulse apparatus

РИА может быть использован как самостоятельное оборудование для обработки таких систем, как «жидкость-жидкость», «жидкость - твердое тело» или быть подготовительным этапом для основных процессов (предварительное измельчение, перемешивание). Выраженный эффект при работе РИА – гомогенизация, что часто применяется для обработки эмульсий или суспензий.

При проектировании РИА разрешают противоречия между наибольшим воздействием на рабочую среду при минимальных затратах потребляемой энергии с заданной производительностью. Параметром, определяющим уровень воздействия на рабочую среду, как правило, считают амплитуду импульса давления, генерируемого в канал статора [7,9].

Импульсное давление, формируемое в каналах РИА, можно рассчитать по формуле:

$$P = \rho \frac{dv}{dt} \left[ \frac{a * b}{2\pi} \right] \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – ширина и высота отверстий / каналов статора, м;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$v$  – скорость жидкости в канале статора, м/с.

Движение потока жидкости между каналами ротора и статора РИА можно представить нестационарным уравнением Бернулли:

$$\gamma * L_y * \frac{dv}{dt} + \frac{V^2}{2} \left( C(t) + \frac{U(t) * \mu}{d_y * \rho * V} \right) = \frac{\Delta P(t)}{\rho} \quad (2)$$

где  $\gamma$  – коэффициент, учитывающий количество жидкости и ее движение в системе;

$L_y$  – сумма рабочих участков каналов ротора и статора и зазора между ротором и статором (длина пути, проходимого рабочей средой в системе ротор-статор), м;

$d_y$  – одинаковый (равносильный) гидравлический диаметр, м;

$C(t)$  – коэффициент суммарного местного гидравлического сопротивления,

$U(t)$  – коэффициент гидравлического сопротивления, учитывающий потери напора;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

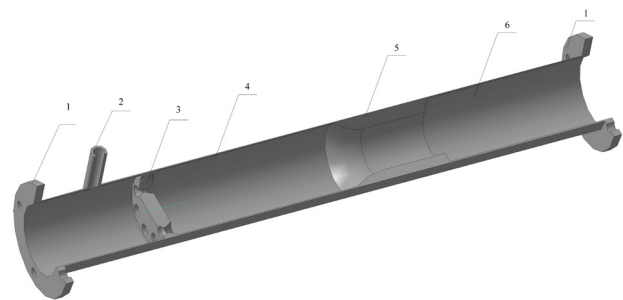
$\mu$  – коэффициент динамической вязкости рабочей среды, кг/м\*с;

$v$  – скорость потока жидкости по каналу прерывателя, м/с;

$\Delta P(t)$  – перепад давления, Па.

Численное решение этого уравнения позволяет определить зависимости  $dV(t); dt V(t)$ , а по ним определить значения расходных и динамических параметров потока жидкости [8].

Второй группой кавитаторов являются статические проточные кавитаторы (рис.3), которые позволяют ограничиться одним циклом обработки и, следовательно, могут быть включены в проточные линии [13].



1 – крепежные фланцы; 2 – патрубок ввода воздуха или жидкости; 3 – перегородка с кавитационными каналами (сопла Лавалья); 4 – первая камера гашения кавитации; 5 – сужение кавитационная воронка; 6 – вторая камера гашения кавитации  
Рис. 3 – Статический (проточный) многокамерный кавитатор

1-mounting flanges; 2-inlet pipe for air or liquid; 3-partition with cavitation channels (Laval nozzles); 4-first cavitation damping chamber; 5-constriction cavitation funnel; 6-second cavitation damping chamber

Fig. 3 – Static (flow) multi-chamber cavitation

Обработка суспензий или жидкости в проточном кавитаторе осуществляется вследствие возникновения кавитационных полостей при условии, что скорость течения жидкости значительно превышает скорость звука в некоторых зонах проточного кавитатора. Статические кавитаторы можно разделить на однокамерные и многокамерные по количеству зон образования кавитации.

Статические кавитаторы, как правило, представляют собой цилиндрической форму трубу с одной или несколькими перегородками внутри формирующей камеры. В перегородках делают



одно или несколько отверстий (каналов) с заранее заданным профилем, которые оптимально распределены на поверхности перегородки (диске) и имеют заданный профиль (рис. 3).

При движении продукта (жидкости) через отверстия в перегородке в потоке возникают условия для появления разрывов сплошности жидкости и появления кавитации и вихреобразования. При дальнейшем движении происходит отрыв кавитационного пузыря и перемещение его в камеру, где происходят завершающие этапы кавитационного процесса. Кавитационное воздействие на суспензию или эмульсию способствует их интенсивному измельчению, перемешиванию и гомогенизации, удалению пограничных слоев, разделяющих среду и частицы. Все эффекты происходят за счёт давления: от 10 бар и выше [2,3,13].

Основной отличительной особенностью проточных статических кавитаторов является отсутствие движущихся элементов внутри него. При этом разработаны варианты конструкции, где установлены вибрирующие элементы для усиления процесса образования кавитационных полостей.

Для ускорения и облегчения расчетов проектируемого гидродинамического кавитатора часто применяют модель Рэлея–Плессета. В данной модели принимаются во внимание два фактора: статистический характер распределения пузырьков в кавитационном потоке, а также скорость роста пузырька. Решить уравнение модели Рэлея–Плессета в общем виде невозможно; в модели, которая реализована в ANSYS CFX, его упрощают, не учитывая второй порядок и не учитывая поверхностное натяжение жидкости:

$$\frac{dR}{dt} = \sqrt{\frac{2}{3} * \frac{p_H - p}{\rho}} \quad (3)$$

где R – радиус кавитационного пузырька;

$p_H$  – давление внутри пузырька (в модели давление насыщенных паров);

$p$  – локальное давление в жидкости (абсолютное давление CFD решателя);

$\rho$  – плотность жидкости.

Для расчета скорости изменения объема пузырьков или каверн в объеме жидкости можно использовать выражение:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{4}{3} \pi R^3 \right) = 4\pi R^2 \sqrt{\frac{2}{3} * \frac{p_H - p}{\rho}} \quad (4)$$

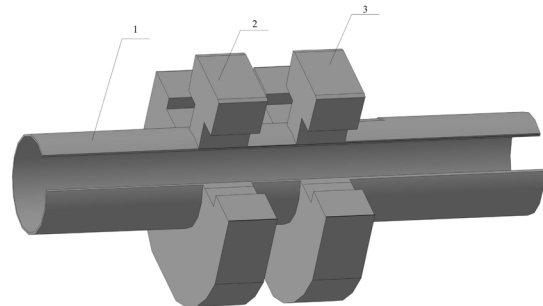
Объемная доля пара в ячейке учитывается статистически на основе определения числа зародышей  $n$  и их радиуса  $R_0$  и определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{4}{3} * \pi R_0^3 n \quad (5)$$

где  $n$  – число зародышей кавитационных пузырьков;

$R$  – радиус кавитационных пузырьков, м.

С учетом того факта, что при кавитации образуются различные колебания, одним из источников для возникновения кавитации может являться акустическое воздействие на среду. Излучатель колебаний может быть механическим в виде пластины, установленной в протоке, колеблющейся под воздействием давления жидкости. Вторым и наиболее часто применяемым источником акустических колебаний является пьезоизлучатель, работающий в ультразвуковом диапазоне (рис. 4). В зависимости от решаемых задач пьезоизлучатель можно ставить как на емкости (статический режим работы), так и на трубы (проточный режим). Пьезоизлучатель представляется более выгодным источником кавитации, так как может генерировать акустическую волну с разной интенсивностью и изменением частоты. Для этого применяют системы управления на микроконтроллерах.



1 – проточная труба; 2 – блок пьезоизлучателей в кожухе; 3 – ряд пьезоизлучателей в кожухе

Рис. 4 – Ультразвуковой кавитатор

1- flow pipe; 2- block of piezo emitters in a casing; 3- row of piezo emitters in a casing.

Fig. 4 – Ultrasonic cavitator

Для интенсификации процесса кавитации используют многостадийную обработку:

– 1 стадия – обработка в РИА или гидродинамическом кавитаторе;

– 2 стадия – обработка с применением ультразвуковых излучателей.

Возможен и другой вариант усиления кавитации: обработка в полях сначала низких, а после высоких частот, что объясняется размерами частиц и прикладываемому к объекту давлению генерируемых волн. Высокие частоты генерируют каверны наименьшего размера, которые динамично увеличиваются и служат зародышами кавитации в зоне обработки излучателем с низкой частотой.

Для расчета частоты возможно применение формулы:

$$f = \frac{R_{max}^3}{x R_{min}^3 \Delta t}$$

где:  $f$  – частота колебаний, кГц;

$R_{max}^3$  – максимальная скорость роста



кавитационного пузыря;

$R_{min}^3$  – минимальная скорость роста кавитационного пузыря;

$\chi$  – коэффициент кавитационной активности;

$\Delta t$  – время сжатия пузырька от максимального до минимального радиуса, мкс.

К широкому применению данного типа оборудования послужили следующие его достоинства:

– способность выдерживать высокое давление и повышенную температуру, так как напрямую нет контакта с обрабатываемой средой;

– регулировка интенсивности акустического воздействия на среду;

– замена узлов установки может проводиться без разбора гидросистемы;

– простота крепления пьезоизлучателя на трубы или емкости.

Основным недостатком данного типа устройств является необходимость просчета зоны максимальной воздействия, где колебания будут формировать разрыв сплошности, а также необходимость установки дополнительного оборудования кроме насоса (излучатели, система управления и т.д.). Чаще всего установки данного типа применяются на парфюмерно-косметическом и фармацевтическом производствах, поскольку дают возможность влиять на процесс и экономическую эффективность.

Целью исследований является проведение сравнительного анализа трех видов кавитаторов по их эффективности.

#### Результаты исследования и обсуждение

Активация процесса экстракции гуминовых веществ происходит в гетерогенной среде, представленной водно-сырьевой суспензией (торфоводной, угольно-водной и т.д.) Диффузионные ограничения в гетерогенных системах сказываются на длительности и динамике процессов, определяют объемы и качественные показатели целевых продуктов.

Методика проведения исследований: сравнительному анализу эффективности подверглись кавитатор гидродинамический многокамерный (КГМ); роторно-импульсный аппарат (РИА) и ультразвуковой проточный кавитатор (УПК).

КГМ испытывали на базе ООО «РОСТПРОДУКТАГРО» в период с 2014 по 2018г (табл. 2) на сырье торф низинный (табл. 5). Данный кавитатор работал с центробежным насосом. Насос и кавитатор были объединены в один узел, соединялись с емкостью на 1 тонну и фильтровальной установкой, что позволяло работать как в проточном режиме, так и в замкнутом: «емкость - насос - кавитатор - емкость».

Таблица 2 – Технические характеристики кавитаторов

| Показатель                     | Насос                         | Кавитатор                   |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Тип и подключение              | Центробежный S45<br>400В 50Гц | Проточный гидродинамический |
|                                | Труба 1½ дюйма – DN 40        |                             |
| Условия эксплуатации, кл.      | 3                             |                             |
| Самовсасывание, м              | 5                             |                             |
| Мощность, кВт                  | 2,2                           |                             |
| Максимальный размер частиц, мм | 12-14x19                      |                             |
| Производительность, м³/ч       | 1,5                           |                             |

РИА испытывали в ФГБНУ ВНИИМС в период 2015-2016гг. (табл. 3). В качестве сырья использовали торф низинный фрезерный (табл. 5).

Таблица 3 – Технические характеристики роторно-импульсного аппарата

| Показатель                          | Описание                    |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Материал камеры                     | Нержавеющая сталь           |
| Материал торцевого уплотнения       | EPDM                        |
| Тип                                 | Диспергатор                 |
| Производительность, м³/час          | 1,5                         |
| Напор, м.                           | 10                          |
| Температура перекачиваемой жидкости | до 12 °С                    |
| Диаметр выходного патрубка          | DN40                        |
| Напряжение питания В                | 380                         |
| Мощность кВт                        | 4                           |
| Частота вращения об/мин             | 2950                        |
| Тип уплотнение                      | Двойное торцевое уплотнение |
| Габаритные размеры, мм.             | 580x320x365                 |
| Масса, кг.                          | 41                          |



|                           |   |
|---------------------------|---|
| Страна-производитель      | Россия  |
| Центробежный насос        | Материал корпуса – чугун<br>Крыльчатка- чугун |
| Самовсасывание, м.        | До 2  |
| Мощность кВт              | 1,1   |
| Условия эксплуатации, кл. | 3   |

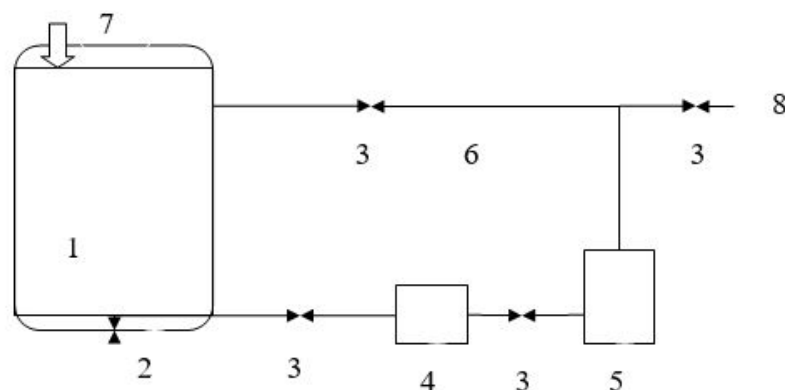
РИА соединялся с емкостью 0,5 тонны и фильровальной установкой. Вследствие нехватки давления на входе в РИА был установлен дополнительный центробежный насос в разрыв между емкостью и роторно-импульсным аппаратом.

УПК (ООО «MAXIMUMPRO» г.Рязань 2019г) состоит из нескольких блоков: насос для перекачивания суспензии, труба с закрепленными на ней пьезоизлучателями в количестве 12 штук, каме-

ры разветвленной кавитации и камеры гашения, блока управления и синхронизации и генератора импульсов. Конструкцию с пьезоизлучателями жестко крепили к трубе и раме установки для производства гуминовых удобрений. Технические характеристики ультразвуковой установки приведены в таблице 4. Для прокачивания суспензии через излучатель применялся центробежный насос (мощностью 1,2 кВт).

Таблица 4 Технические характеристики ультразвуковой установки

| Показатель                               | Единицы измерения | На 1  | На 12                               |
|--|-------------------|-------|-------------------------------------|
| Номинальная рабочая частота излучателя,  | кГц               | 23    |                                     |
| Полоса рабочих частот генератора,        | кГц               | 20-25 |                                     |
| Диапазон удержания частоты системой АПЧ, | кГц               | ± 2   |                                     |
| Номинальная мощность генератора,         | Вт                | 100   | 1300                                |
| Диапазон регулировки выходной мощности,  | %                 | 5-100 |                                     |
| Режимы работы                            | непрерывный       |       |                                     |
| Напряжение питания, В; Гц                | 220 ±10 %; 50     |       |                                     |
| Диаметр излучающей поверхности,          | мм                | 12    | 144 в перпендикулярных направлениях |
| Материал преобразователя                 | пьезокерамика     |       |                                     |
| Максимальная амплитуда колебаний,        | мкм               | 37-42 |                                     |
| Тип насоса                               | Центробежный DN40 |       |                                     |
| Самовсасывание                           | м                 | До 2  |                                     |
| Мощность                                 | кВт               | 1,2   |                                     |
| Условия эксплуатации                     | кл                | 3     |                                     |
| Производительность                       | м <sup>3</sup> /ч | 1,3   |                                     |



1 – емкость с суспензией;  
2 – сливной кран; 3 – шарнирный кран;  
4 – насос; 5 – кавитатор; 6 – возвратный трубопровод; 7 – ввод суспензии;  
8 – трубопровод на фильтра

Рис. 5 – Принципиальная схема расположения оборудования при исследовании эффективности различных типов кавитаторов

1- container with suspension; 2- drain valve; 3 - hinged crane; 4 - pump; 5 - cavitator; 6 - return pipeline;  
7- input of suspension; 8 - pipeline to the filter

Fig. 5 – Schematic diagram of the arrangement of equipment when studying the effectiveness of various types of cavitators





Таблица 5 – Показатели качества фрезерного торфа

| Наименование показателя   | Требования ГОСТ Р54249-2010 к исходному сырью | Показатели сырья в опытах с |       |       |
|---|---|-----------------------------|-------|-------|
|   |   | КГМ                         | РИА   | УПК   |
| 1. Степень разложения R, %, не менее  | 25  | 28-36                       | 36-38 | 28-34 |
| 2. Массовая доля влаги W, %   | 55-70   | 75-85                       | 75-80 | 75-85 |
| 3. Кислотность pH солевой суспензии   | 2,8-6,0                                       | 5,6                         | 5,7   | 5,8   |
| 4. Зольность A, %, не более   | 15  | 12-14                       | 13-14 | 15-   |
| 5. Засоренность посторонними примесями размером более 25 мм, %, не более                          | 8   | 2                           | 3     | 3     |
| 6. Содержание песка и минеральных частиц % от массы   | Не регламентируется                           | 22                          | 23    | 26    |
| Массовая доля гуминовых кислот (общее содержание), % на органическую массу, не менее по ГОСТ 9517 | 30.0% по ГОСТ 9517                            | 35                          | 39    | 34    |

Режим работы установок был одинаков: суспензию в соотношении 1:3 (торф:вода) в объеме 500 литров заливали в емкость, после чего начинали прокачивать суспензию через кавитатор.

Предварительно из суспензии удаляли песок и тяжелые механические примеси с помощью замачивания [9,10].

После 20 минут работы кавитатора добавляли щелочь (1%-й раствор NaOH). Введение щелочи проводилось вручную, заранее отмеренное количество калийной щелочи всыпали в емкость с тофо-водной суспензией. После добавления щелочи суспензия продолжала циркулировать через кавитатор еще 20 минут. Далее процесс экстракции заканчивался и суспензия подавалась на фильтрацию.

Образцы для анализа отбирались каждые 5 минут работы установок. Основные анализируемые показатели:

1) дисперсность – размер частиц торфа (измеряли ситовым методом. Образец объемом 20 мл разбавляли водой до 100 мл и пропускали через

сита марки П120 с номинальной тонкостью фильтрации 100-120 мкм. Просев и отсев высушивали, измеряли массу и рассчитывали соотношение в процентах;

2) содержание гуминовых и фульвовых кислот, экстрагируемых без введения щелочи и с введением щелочи (методика по ГОСТ 9517-94 «Топливо твердое. Методы определения выхода гуминовых кислот»).

Для оценки содержания гуминовых и фульвовых кислот в торфе были заранее проведены анализы по методике определения, указанной в ГОСТ 9517-94 (для определения выхода свободных гуминовых кислот). В образце массой 1 кг содержится 34 % гуминовых кислот; при приведении в соотношение 1:3 с водой даст примерно 22,6 г/л гуминовых кислот (35 % – 25,6 г/л, 39 % – 28,6 г/л). Данный результат принимался за 100 % и с ним сравнивался выход гуминовых кислот после экстракции с применением щелочи и кавитации в отфильтрованной части.

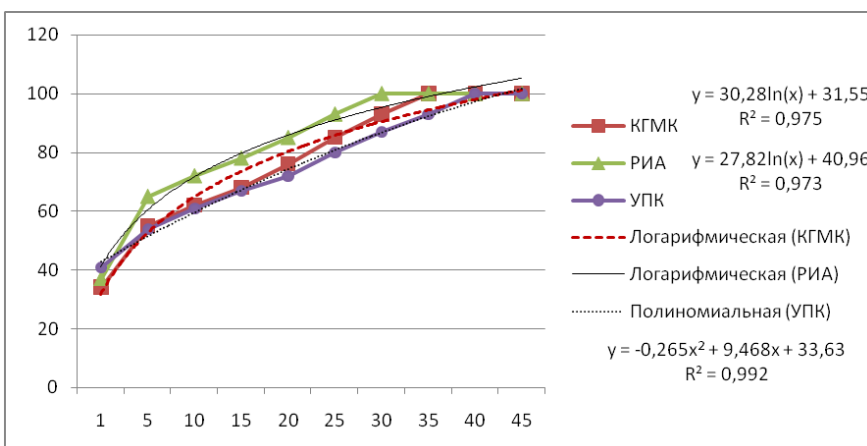


Рис. 6 – Дисперсность торфо-водной суспензии в зависимости от продолжительности кавитации  
 Fig. 6 – Dispersity of peat-water suspension depending on the duration of cavitation



Из рисунка 6 видно, что образцы, поступившие на исследования, были приблизительно равными по размеру частиц. В процессе работы наиболее быстрое измельчение заметно у роторно-импульсного аппарата – 100 %-е измельчение было получено через 30 минут работы. Полностью измельчить частицы торфа гидродинамический кавитатор смог через 30-35 минут. Ультразвуковой проточный кавитатор измельчил торф через 35-40 минут.

Введение щелочи не оказало действия на измельчение частиц торфа, но способствовало повышению экстракции гуминовых кислот в раствор.

Во время работы установок под действием кавитации происходит не только измельчение частичек торфа, но и процессы, способствующие вымыванию гуминовых кислот из торфа. К окончанию цикла измельчения (15-20 минут работы установки) в варианте с КГМ было вымыто 10,01 г/л, роторно – импульсный аппарат вымыл 9,00 г/л, ультразвуковой кавитатор позволил извлечь 8,08 г/л.

Введение щелочи значительно усилило процесс экстракции, позволив через 5 минут работы установки после введения щелочи почти вдвое увеличить содержание гуминовых кислот в растворе. Так, КГМ на 25-й минуте работы показал результат в 17,00 г/л (прибавка по сравнению с уровнем до введения щелочи 11,00 г/л). РИА показал прибавку гуминовых кислот по сравнению с экстракцией без щелочи на 7,01 г/л или позволил извлечь 55,9 % всех гуминовых кислот. В варианте с УПК вводимая щелочь увеличила выход гуминовых кислот на 5 г/л.

В целом за период времени 30-35 минут экстракция гуминовых кислот была завершена на всех вариантах.

### Заключение

Кавитатор гидродинамический многокамерный показал лучший результат по времени измельчения торфоводной суспензии и экстракции гуминовых веществ. Необходимо отметить, что КГМ в эксплуатации был значительно удобнее и проще в обслуживании, чем все остальные кавитаторы. Это связано с отсутствием сложных технологических узлов и элементов. Так, КГМ на 25-й минуте работы показал содержание гуминовых кислот в растворе в 17,00 г/л (прибавка по сравнению с уровнем до введения щелочи 11,00 г/л).

### Список источников

1. Концепция формирования подсистемы технологий, машин и оборудования для агрохимического обеспечения производства продукции растениеводства / Н. Т. Сорокин, Т. Г. Солдатова, В. А. Рычков [и др.]. – Рязань : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства", 2014. – 41 с. – ISBN 978-5-87021-057-5. – EDN UWFWHI.

2. Рождественский, В. В. Кавитация [Текст] : [Учеб. пособие для вузов по специальности "Гидроаэродинамика"] / В.В. Рождественский. - Ленинград : Судостроение, 1977. - 247 с. : ил.; 22 см.

3. Пирсол, И. Кавитация [Текст] / Перевод с

англ. канд. физ.-мат. наук Ю. Ф. Журавлева ; Под ред., с предисл. и доп. д-ра техн. наук, проф. Л. А. Эпштейна. - Москва : Мир, 1975. - 94 с. : ил.; 20 см. - (В мире науки и техники).

4. Оценка энергозатрат при обработке высокопарафинистой нефти в роторном импульсном аппарате / М. А. Промтов, С. Е. Кутуков, А. Н. Колиух, Ф. С. Зверев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 4. – С. 576-584. – DOI 10.17277/vestnik.2021.04.pp.576-584. – EDN IKSHGO.

5. Оценка энергозатрат при обработке высокопарафинистой нефти в роторном импульсном аппарате / М. А. Промтов, С. Е. Кутуков, А. Н. Колиух, Ф. С. Зверев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 4. – С. 576-584. – DOI 10.17277/vestnik.2021.04.pp.576-584. – EDN IKSHGO.

6. Промтов, М. А. Критериальные зависимости для расчета процесса экстрагирования гуминовых кислот из торфа и биогумуса в роторном импульсном аппарате / М. А. Промтов, А. Ю. Степанов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 263-274. – DOI 10.17277/vestnik.2021.02.pp.263-274. – EDN DMVEKD.

7. Промтов, М. А. Кинетика совмещенных процессов диспергирования и экстракции гуминовых и фульвовых кислот из торфа и биогумуса в роторном импульсном аппарате / М. А. Промтов, А. Ю. Степанов // Химия растительного сырья. – 2019. – № 2. – С. 261-269. – DOI 10.14258/jcrpm.2019024536. – EDN UDWWWD.

8. Промтов, М. А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика : [Монография] / М. А. Промтов. - Москва : Машиностроение : Изд-во-Машиностроение-1, 2001. - 258, [1] с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-99275-006-8

9. Калабухов, В. С. Исследование проблем, влияющих на износ рабочих органов оборудования при переработке торфа / В. С. Калабухов, О. В. Ушаков // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 17–18 сентября 2014 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2014. – С. 202-204. – EDN UBDNRZ.

10. Современное состояние использования кавитационных технологий (краткий обзор) / А. Ю. Радзюк, Е. Б. Истягина, Л. В. Кулагина, А. В. Жуйков // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, № 9. – С. 209-218. – DOI 10.18799/24131830/2022/9/3623. – EDN HDISXH.

11. Эффективность использования кавитационного диспергирования угольной суспензии для получения гуминовых удобрений / Б. Т. Ермагамбет, Н. У. Нурғалиев, Ж. М. Касенова [и др.] // Наука, техника и образование. – 2016. – № 10(28). – С. 37-39. – EDN WXDPVF.

12. Современное состояние использования ка-



витацонных технологий (краткий обзор) / А. Ю. Радзюк, Е. Б. Истягина, Л. В. Кулагина, А. В. Жуйков // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, № 9. – С. 209-218. – DOI 10.18799/24131830/2022/9/3623. – EDN HDISXH.

13. Водоземельное топливо: условия получения, особенности и свойства / У. К. Абдалиев, Ы. Ташполотов, А. Ы. Ысламидинов, У. Матмусаев // Наука и новые технологии. – 2013. – № 2. – С. 14-21. – EDN WDNMLX.

**Вклад авторов:**

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

14. Ушаков, О. В. Применение магнитных активаторов на установках для производства гуминовых удобрений / О. В. Ушаков, В. М. Соколин // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 15–16 сентября 2015 года. Том Часть 2. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2015. – С. 278-282. – EDN URJGZH.

### References

1. *Koncepciya formirovaniya podsistemy tekhnologii, mashin i oborudovaniya dlya agrohimicheskogo obespecheniya proizvodstva produkcii rastenievodstva* / N. T. Sorokin, T. G. Soldatova, V. A. Rychkov [i dr.]. – Ryazan' : Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut mekhanizacii i informatizacii agrohimicheskogo obespecheniya sel'skogo hozyajstva", 2014. – 41 s. – ISBN 978-5-87021-057-5. – EDN UFWWHI.
2. *Rozhdestvenskij, V. V. Kavitaciya* [Tekst] : [Ucheb. posobie dlya vuzov po special'nosti "Gidraerodinamika"] / V. V. Rozhdestvenskij. – Leningrad : Sudostroenie, 1977. – 247 s. : il.; 22 sm.
3. *Pirsol, I. Kavitaciya* [Tekst] / Perevod s angl. kand. fiz.-mat. nauk YU. F. ZHuravleva ; Pod red., s predisl. i dop. d-ra tekhn. nauk, prof. L. A. Epshtejna. – Moskva : Mir, 1975. – 94 s. : il.; 20 sm. – (V mire nauki i tekhniki).
4. *Ocenka energozatrat pri obrabotke vysokoparafinistoj nefti v rotornom impul'snom apparate* / M. A. Promptov, S. E. Kutukov, A. N. Koliuh, F. S. Zverev // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – T. 27, № 4. – S. 576-584. – DOI 10.17277/vestnik.2021.04.pp.576-584. – EDN IKSHGO.
5. *Ocenka energozatrat pri obrabotke vysokoparafinistoj nefti v rotornom impul'snom apparate* / M. A. Promptov, S. E. Kutukov, A. N. Koliuh, F. S. Zverev // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – T. 27, № 4. – S. 576-584. – DOI 10.17277/vestnik.2021.04.pp.576-584. – EDN IKSHGO.
6. *Promptov, M. A. Kriterial'nye zavisimosti dlya rascheta processa ekstragirovaniya guminovyh kislot iz torfa i biogumusa v rotornom impul'snom apparate* / M. A. Promptov, A. YU. Stepanov // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – T. 27, № 2. – S. 263-274. – DOI 10.17277/vestnik.2021.02.pp.263-274. – EDN DMVEKD.
7. *Promptov, M. A. Kinetika sovmeshchennyh processov dispergirovaniya i ekstrakcii guminovyh i ful'vovyh kislot iz torfa i biogumusa v rotornom impul'snom apparate* / M. A. Promptov, A. YU. Stepanov // Himiya rastitel'nogo syr'ya. – 2019. – № 2. – S. 261-269. – DOI 10.14258/jcprm.2019024536. – EDN UDWWWWD.
8. *Promptov, M. A. Pul'sacionnye apparaty rotornogo tipa: teoriya i praktika* : [Monografiya] / M. A. Promptov. – Moskva : Mashinostroenie : Izd-vo Mashinostroenie-1, 2001. – 258, [1] s. : il., tabl.; 21 sm.; ISBN 5-99275-006-8
9. *Kalabuhov, V. S. Issledovanie problem, vliyayushchih na iznos rabochih organov oborudovaniya pri pererabotke torfa* / V. S. Kalabuhov, O. V. Ushakov // Innovacionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nyh mashinnyh tekhnologij : Sbornik nauchnyh dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, Moskva, 17–18 sentyabrya 2014 goda. – Moskva: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut mekhanizacii sel'skogo hozyajstva, 2014. – S. 202-204. – EDN UBDNRZ.
10. *Sovremennoe sostoyanie ispol'zovaniya kavitacionnyh tekhnologij (kratkij obzor)* / A. YU. Radzyuk, E. B. Istyagina, L. V. Kulagina, A. V. Zhujkov // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. – 2022. – T. 333, № 9. – S. 209-218. – DOI 10.18799/24131830/2022/9/3623. – EDN HDISXH.
11. *Effektivnost' ispol'zovaniya kavitacionnogo dispergirovaniya ugol'noj suspenzii dlya polucheniya guminovyh udobrenij* / B. T. Ermagambet, N. U. Nurgaliev, ZH. M. Kasanova [i dr.] // Nauka, tekhnika i obrazovanie. – 2016. – № 10(28). – S. 37-39. – EDN WXDPVF.
12. *Sovremennoe sostoyanie ispol'zovaniya kavitacionnyh tekhnologij (kratkij obzor)* / A. YU. Radzyuk, E. B. Istyagina, L. V. Kulagina, A. V. Zhujkov // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. – 2022. – T. 333, № 9. – S. 209-218. – DOI 10.18799/24131830/2022/9/3623. – EDN HDISXH.
13. *Vodoemul'sionnoe toplivo: usloviya polucheniya, osobennosti i svoystva* / U. K. Abdaliev, Y. Tashpolotov, A. Y. Yslamidin, U. Matmusaev // Nauka i novye tekhnologii. – 2013. – № 2. – S. 14-21. – EDN WDNMLX.
14. *Ushakov, O. V. Primenenie magnitnyh aktivatorov na ustanovkah dlya proizvodstva guminovyh udobrenij* / O. V. Ushakov, V. M. Sokolin // Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizacii Gosudarstvennoj programmy razvitiya sel'skogo hozyajstva : Sbornik nauchnyh dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, Moskva, 15–16 sentyabrya 2015 goda. Tom CHast' 2. – Moskva: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut mekhanizacii sel'skogo hozyajstva, 2015. – S. 278-282. – EDN URJGZH.



*Authors' contribution:*

*All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare no conflict of interest.*

**Информация об авторах**

**Ушаков Олег Валентинович**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры экономики и менеджмента, Академия ФСИН России, г. Рязань Россия, [ovushakov62@mail.ru](mailto:ovushakov62@mail.ru)

**Костенко Михаил Юрьевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [km340010@rambler.ru](mailto:km340010@rambler.ru)

**Author information**

**Ushakov Oleg V.**, Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Management, Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia, [ovushakov62@mail.ru](mailto:ovushakov62@mail.ru)

**Kostenko Mikhail Yu.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia, [km340010@rambler.ru](mailto:km340010@rambler.ru)

*Статья поступила в редакцию 27.12.2023; одобрена после рецензирования 27.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.*

*The article was submitted 27.12.2023; approved after reviewing 27.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.*







ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 664.8.047  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.66.15.023

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТРАЖАЮЩИХ ПАНЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**Игорь Алексеевич Хозяев<sup>1</sup>, Олег Алексеевич Полушкин<sup>2</sup>✉, Алексей Алексеевич Щербаков<sup>3</sup>, Рустам Эльшанович Мехралиев<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

<sup>1</sup> Igor.Khozyaev@mail.ru

<sup>2</sup> 99@gmail.com

<sup>3</sup> alexey\_shcherbakov97@mail.ru

<sup>4</sup> mekhraliev.rustam@list.ru

**Аннотация.**

**Проблема и цель.** Недостатком в современной пищевой промышленности в отношении сушильного оборудования является продолжительное время сушки, высокое энергопотребление оборудования, а также большое количество утраченных в данном процессе витаминов и минеральных веществ. Комбинирование и модернизация существующих методов высушивания растительного сырья расширяет возможности оптимизации данного процесса. Цель данного исследования состоит в развитии эффективных методов сушки продуктов растительного происхождения, сохраняющих их пищевые и вкусовые свойства, при этом ускоряя сам процесс.

**Методология.** Исследование изменения количества витаминов и времени сушки проводилось на плодах яблоки сорта «Гренни Смит». Процесс обезвоживания сырья проходил на установке инфракрасной сушки под пониженным давлением, с экспериментальным введением отражающих панелей (рефлекторов). Анализ сушеных яблок проводился по количественному составу витаминов от изначального продукта, а также по общей органолептической оценке, с определением времени сушки.

**Результаты.** По экспериментальным данным выявлено, что время инфракрасной сушки в камере пониженного давления при применении отражающих панелей сократилось на 30–40 минут в зависимости от воздействия интенсивности ламп. При этом витаминная составляющая продуктов сокращается более чем на 10 % при больших температурах, и варьируется в пределах 4 % при сушке в 40° С.

**Заключение.** Воздействие рефлекторов ускорило процесс сушки на 28 % в камере пониженного давления, при этом значительно сократив витаминный состав. Так как были задействованы дискретные отражатели полуцилиндрической формы, нарушена геометрия сушки, из-за чего часть продукта могла бы испортиться.

**Ключевые слова:** сушка, яблоки, инфракрасная сушка, пониженное давление, рефлекторы, время сушки

**Для цитирования:** Хозяев И.А., Полушкин О.А., Щербаков А.А., Мехралиев Р.Э. Исследование влияния отражающих панелей в процессе инфракрасной сушки растительного сырья // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №.1, С 174-180 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.66.15.023>

Original article

**STUDY OF THE INFLUENCE OF REFLECTIVE PANELS IN THE PROCESS OF INFRARED DRYING OF PLANT RAW MATERIALS**

**Igor A. Khozyaev<sup>1</sup>, Oleg A. Polushkin<sup>2</sup>✉, Alexey A. Shcherbakov<sup>3</sup>, Rustam E. Mehraliev<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

<sup>1</sup> Igor.Khozyaev@mail.ru

<sup>2</sup> 99@gmail.com

<sup>3</sup> alexey\_shcherbakov97@mail.ru

<sup>4</sup> mekhraliev.rustam@list.ru

**Abstract.**

**Problem and purpose.** The disadvantages of drying equipment in the modern food industry are long drying times, high energy consumption of the equipment, as well as a large amount of vitamins and minerals lost in this process. Combining and modernizing existing methods for drying plant materials expands the possibilities for optimizing this process. The purpose of this research is to develop effective methods for drying plant products that preserve their nutritional and taste properties, while speeding up the process itself.

**Methodology.** A study of changes in the quantitative composition of vitamins and drying time was carried out on the fruits of the Granny Smith apple tree. The process of dehydration of raw materials took place in an infrared drying unit under reduced pressure, with the experimental introduction of reflective panels (reflectors). The analysis of dried apples was carried out according to the quantitative composition of vitamins from the original product, as well as a general organoleptic assessment, identifying the drying time.

**Results.** As a result of experimental data, it was revealed that the time of infrared drying in a reduced pressure chamber when using reflective panels was reduced by 30-40 minutes, depending on the effect of the intensity of the lamps. At the same time, the vitamin component of products is reduced by more than 10% at high temperatures, and varies within 4% when dried at 40° C.

**Conclusion.** Exposure to reflectors accelerated the drying process by 28% in a reduced pressure chamber, while significantly reducing the vitamin composition. Since discrete semi-cylindrical reflectors were used, the drying geometry was disrupted, which could cause some of the product to spoil.

**Key words:** drying, apples, infrared drying, low pressure, reflectors, drying time

**For citation:** Khozyaev I.A., Polushkin O.A., Shcherbakov A.A., Mehraliev R.E. Study of the influence of reflective panels in the process of infrared drying of plant materials // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 16, No. 1, P 174-180 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2024.66.15.023](https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.66.15.023)

**Введение**

Целью сушки как способа консервирования сельскохозяйственного растительного сырья является длительное сохранение питательных и полезных свойств в продуктах. Качество продукта сушки выявляется из факторов остаточной влажности, доли сохраненных питательных веществ, а также витаминов и их преобладании в продуктах сушки при длительном хранении [1,2].

Сушка применяется во многих отраслях промышленности, в том числе пищевой и сельскохозяйственной. Физическая сущность сушки – это сложный диффузионный процесс. В случае высушивания сырья, потребляемого человеком, диффузия влаги из глубины высушиваемого материала в окружающую среду должна происходить не слишком интенсивно и при температуре не выше 60° C, чтобы предотвратить выгорание полезных витаминов и микроэлементов [3].

Продукты растительного происхождения имеют большое содержание влаги и низкое количество сухого вещества. При этом от 60 % до 85 % влаги в продуктах присутствуют в свободном виде, что способствует легкому и интенсивному высушиванию продуктов при определенных параметрах [4].

Сушка – сложный и важный технологический процесс, при котором пищевой продукт должен сохранять высокое качество. Исследования последних лет сосредоточены на развитии эффективных методов сушки, сохраняющих пищевые и вкусовые свойства продукта [3,5]. Современные способы сушки включают интенсификацию процессов тепло- и массообмена, увеличение поверхности контакта, снижение влажности воздуха, комбинированный подвод тепла и другие методы [6-8, 11]. Существуют различные классификации способов сушки по характеристикам воздействия сушильного агента, давлению в сушильной камере и способу подвода тепла. Выбор метода сушки зависит

от свойств сырья, состояния при обезвоживании и требуемого качества конечного продукта [10, 12].

Инфракрасная сушка (далее ИК) – эффективный и быстрый метод обезвоживания продукции пищевой промышленности. При этом она успешно применяется не только в пищевой отрасли, но и в таких как производство красок, покрытий, клея и других материалов. В некоторых комбинациях данный вид сушки работает более энергозатратно, что негативно сказывается на преобладании ИК сушки [14, 15].

Ранее в наших исследованиях было изучено влияние инфракрасного излучения при пониженном давлении, при этом энергоэффективность используемой сушильной установки была приемлемой по сравнению с аналогичными по производительности сушилками, использовавшими конвективный или СВЧ способы. [5, 9]. В данной статье рассмотрена модернизированная установка инфракрасной сушки при пониженном давлении, проанализированы результаты без применения и с применением рефлекторов [16].

**Объекты и методы исследования**

Объектом исследования выступили плоды яблони сорта «Гренни Смит». Данный сорт редко используют в качестве продукта сушки из-за высокой плотности мякоти. В сравнении с привычными сортами для сушки, такими как «Антоновка» или «Апорт», выбранный сорт также имеет большую поверхность выпаривания жидкости, маленькие косточки, а вместе с этим небольшую площадь удаления мякоти, что не отличается от привычных для высушивания сортов. Объект сушки был нарезан кружочками толщиной от 4 мм до 5 мм. Диаметр свежих яблок составил от 80 до 85 мм.

Для сушки яблок был использован инфракрасный метод при пониженном давлении. Яблоки были тщательно промыты перед началом процесса сушки. Затем с помощью специального прибо-



ра удалялась сердцевина, после чего яблоки нарезались вручную на кольца толщиной от 4 до 5 мм. Для эксперимента был взят один килограмм яблок. Готовые кусочки яблок раскладывались на противень, как показано на рис. 1, и помещались на полки внутри камеры. Полки были расположены на расстоянии 15-20 сантиметров от инфракрасных ламп с двух сторон, чтобы обеспечить прямое облучение объекта сушки. После этого сушильную камеру закрывали, происходило удаление воздуха из камеры и включение ламп [5].

В данном исследовании был проведен эксперимент по изучению процесса сушки в специальной сушильной установке. Установка была выполнена в виде камеры переменного воздействия, показанной на рис. 2. Камера имеет герметичную конструкцию и обладает объемом 4,7 м<sup>3</sup>, с габаритными размерами 1305\*820\*440 мм. Внутри камеры поддерживается постоянное пониженное давление. Она оснащена инфракрасными источниками нагрева и обладает стенками из нержавеющей стали толщиной 3 мм, марки 08X18H10. Внутри камеры размещены сетчатые лотки размерами 700\*400 мм. В качестве источника инфракрасного излучения использовались инфракрасные излучатели с линейными лампами накаливания, которые имели температуру спирали до 3000 К или 2500° С. Общая электрическая мощность этих излучателей составляла 800 Вт [9].



Рис. 1 – Образцы свежих яблок, разложенных на лотке для проведения опыта

Fig. 1 – Samples of fresh apples laid out on a tray for testing

Рассмотрим функциональные потоки воздуха. После понижения давления воздух периодически поступает в камеру через автоматически регулируемое отверстие, расположенное на дне камеры. Затем протекает по всему объему нагретой камеры, проходя через сетку лотка с продуктом и три отверстия в верхней части камеры с перфорированными перегородками изнутри, и оказывается в вакуумном водокольцевом насосе, который фильтрует поглощенный пар из камеры. Для создания принудительной циркуляции воздуха внутри каме-

ры на ее стенках были установлены вентиляторы с общим объемным расходом 100 м<sup>3</sup>/час. В экспериментах проводили измерения убыли массы влаги из сушильного продукта, температуры внутри камеры и относительной влажности воздуха в ней. Рабочие диапазоны измерений составляли: масса – от 0 до 2000 г с погрешностью  $\pm 0,5$  г, температура – от 0° С до 100° С с погрешностью  $\pm 1,5$ ° С, и относительная влажность – от 1 % до 95 % с погрешностью  $\pm 2$  %. Экспериментальные данные заносятся в память персонального компьютера с интервалом 5 секунд.

В качестве рефлекторов, или отражательных элементов, были установлены отражающие панели марки «Aisi 430» из нержавеющей стали, изогнутые в форму полуцилиндра, расположенные сзади на панели, а также под нижними и над верхними инфракрасными излучателями.

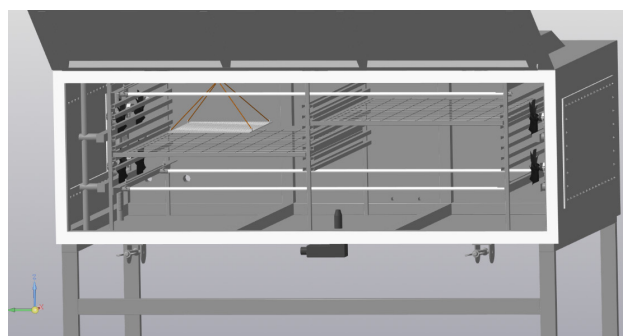


Рис. 2 – Сушильная камера экспериментальной инфракрасной сушилки

Fig. 2 – Drying chamber of experimental infrared dryer

Сушильная установка автоматизирована и преимущественно состоит из отечественных компонентов, в том числе: электросчетчик «Меркурий 206 m»; контроллер ПЛК-150-220; панель оператора СП307; частотный преобразователь EMD-MINI-015 S; твердотельное реле; датчики влажности ВЗК3; электронный датчик давления ПД100И и ДТПХхх4; термодатчики с кабельным выводом. В состав оборудования входит вакуумный водокольцевой насос, инфракрасные кварцевые лампы, а также вентиляторы МСПР18.

Для определения конечной массы и объема яблок был использован штангенциркуль. Для измерения влажности начального и конечного продукта сушки был использован лабораторный влагомер «Эвлас». Другие показатели высушенных яблок были выявлены при помощи оборудования в лаборатории «Биохимического и спектрального анализа пищевых продуктов» на базе Донского государственного технического университета.

Для проведения эксперимента применяется принцип «черного ящика», в котором варьируются температура и внутрикамерное давление. Функцией отклика являются общие показатели качества (в процентном соотношении от изначального количества) по витаминному составу и времени сушки.





### Результаты исследований и их обсуждение

После проведенных экспериментов были получены зависимости времени сушки и общий процент сохраненного витаминного состава от температуры сушки  $T$ , °С и давления внутри рабочей камеры  $P$ , атм. В таблице 1 приведен витаминный состав яблок сорта «Гренни Смит».

Общий витаминный состав в эксперименте

Таблица 1 – витаминный состав яблок "Гренни Смит"

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| Витамин А, РЭ                  | 5 мкг    |
| бета Каротин                   | 0.059 мг |
| бета Криптоксантин             | 2 мкг    |
| Лютеин + Зеаксантин            | 64 мкг   |
| Витамин В1, тиамин             | 0.019 мг |
| Витамин В2, рибофлавин         | 0.025 мг |
| Витамин В4, холин              | 3.4 мг   |
| Витамин В5, пантотеновая       | 0.056 мг |
| Витамин В6, пиридоксин         | 0.037 мг |
| Витамин С, аскорбиновая        | 5 мг     |
| Витамин Е, альфа токоферол, ТЭ | 0.18 мг  |
| Витамин К, филлохинон          | 3.2 мкг  |
| Витамин РР, НЭ                 | 0.126 мг |

обозначен как 100 %. В таблице 2 показаны результаты времени сушки в экспериментах без внедрения рефлекторов ( $T_1$ ) и с их взаимодействием ( $T_2$ ), а также процентное отношение сохранения витаминного состава. В таблице приведены средние значения времени от трёх повторностей экспериментов, а также процент витаминов, сохраненных после сушки.

Табл. 2 – Результаты времени сушки в экспериментах без и с использованием рефлекторов

| № опыта | Исходные значения |            | $T_1$ , мин | $T_2$ , мин | Кол-во сохраненных витаминов, % |                 |
|---------|-------------------|------------|-------------|-------------|---------------------------------|-----------------|
|         | $T$ , °С          | $P$ , атм. |             |             | С рефлекторами                  | Без рефлекторов |
| 1       | 60                | 1          | 152.3       | 124.7       | 59                              | 49              |
| 2       | 40                | 1          | 171         | 136         | 66                              | 62              |
| 3       | 60                | 0,5        | 127.6       | 92.7        | 60                              | 49              |
| 4       | 40                | 0,5        | 141         | 108.7       | 65                              | 64              |
| 5       | 60                | 0,75       | 144.3       | 117.3       | 59                              | 51              |
| 6       | 40                | 0,75       | 163.6       | 129.7       | 65                              | 63              |
| 7       | 50                | 1          | 161.6       | 129         | 62                              | 59              |
| 8       | 50                | 0,5        | 136         | 104         | 63                              | 56              |
| 9       | 50                | 0,75       | 150.6       | 120.3       | 62                              | 56              |

На основе экспериментальных данных, представленных в таблице 2, можно видеть, что время инфракрасной сушки в камере пониженного давления при применении отражающих рефлекторов сократилось на 30-40 минут, в зависимости от воздействия интенсивности ламп. При этом витаминная составляющая продуктов сокращается более

чем на 10 % при больших температурах и варьируется в пределах 4 % при сушке в 40°С.

По полученным экспериментальным данным были построены графики зависимости времени сушки от давления, температуры, и наличия рефлекторов, представленные на рисунке 3.

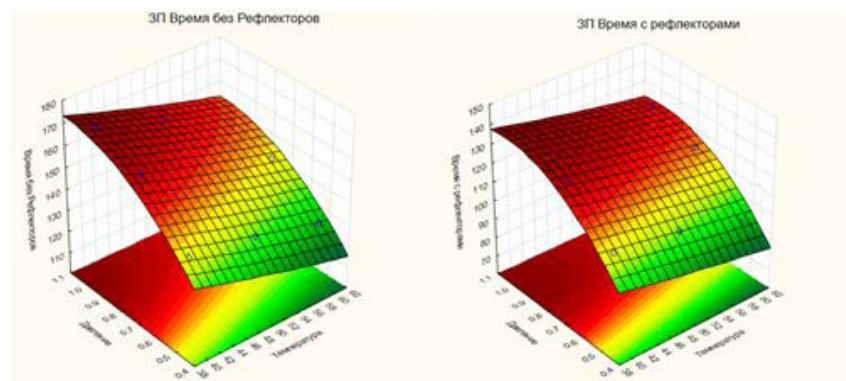


Рис. 3 – Графики зависимости времени от температуры и давления  
Fig. 3 – Graphs of time versus temperature and pressure





Стоит также учесть, что при органолептической оценке продуктов сушки, изображенных на рисунке 4, при неоптимальном размещении рефлекторов часть продукта подверглась сильному воздействию инфракрасного излучения, что привело к обгоранию внешней части продукта.



Рис. 4 – Образцы высушенных яблок  
Fig. 4 – Samples of dried apples

#### Заключение

Сушка – наилучший способ консервации продуктов растительного и животного происхождения. Путем сушки достигается консервирование фруктов, овощей, зелени и мяса, уменьшающее не только объем, но и вес обрабатываемого сырья. Срок хранения сушеных продуктов, по сравнению со свежими, увеличивается в 10 и более раз [11].

В данной работе осуществлялось исследование процесса сушки с использованием инфракрасных ламп. Найдены оптимальные параметры и режимы работы сушильной установки. Результаты данного исследования имеют практическую значимость и могут быть использованы при разработке сушильного аппарата камерного типа с использованием пониженного давления и ИК лучей.

Из проведенных экспериментов с добавлением рефлекторов можно сделать следующее заключение: рефлекторы ускорили процесс сушки на 28 % в камере пониженного давления, при этом значительно уменьшив витаминный состав более чем на 10%. Так как изначально в камере не была предусмотрена установка отражающих элементов, были задействованы дискретные отражатели полужилиндрической формы, в связи с чем, предположительно, могла нарушиться геометрия сушки, из-за чего часть продукта могла бы испортиться. Таким образом, в дальнейшей работе необходимо рассчитать геометрию отраженных ИК лучей, а также изменить и подобрать форму рефлекторов для равномерного распространения лучей в камере пониженного давления.

#### Список источников

1. Сахно В.И., Горшкова М.М., Акулин В.Н. Патент РФ № 2115321 С1, МПК А23В 4/03. Способ

сушки пищевых продуктов и устройство для его осуществления / - Опубл. 20.07.1998. – С. 6.

2. ntipov S., Klyuchnikov A., Pribytkov A., Rudoy D. Hydrodynamic Aspects of Drying Brewer's Grains in a Suspended Bed. Lecture Notes in Networks and Systems book series (LNNS), volume 246, pp 33-40 (2022). doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_4).

3. Завалий А.А., Лаго Л.А., Рыбалко А.С. Устройство инфракрасной сушки сельскохозяйственного сырья при пониженном давлении // АБУ. 2017. №6 (160). URL: [cyberleninka.ru/article/n/ustroystvo-infrakrasnoy-sushki-selskohozyaystvennogo-syrya-pri-ponizhenom-davlenii](http://cyberleninka.ru/article/n/ustroystvo-infrakrasnoy-sushki-selskohozyaystvennogo-syrya-pri-ponizhenom-davlenii)

4. Алексанян И.Ю., Давидюк В.В., Артемьева Н.Н. Новые технологии сухих продуктов животного и растительного происхождения // Известия вузов. Пищевая технология. 1998. №2-3. URL: [cyberleninka.ru/article/n/novye-tehnologii-suhih-produktov-zhivotnogo-i-rastitelnogo-proishozhdeniya](http://cyberleninka.ru/article/n/novye-tehnologii-suhih-produktov-zhivotnogo-i-rastitelnogo-proishozhdeniya).

5. Савенков Д.Н., Щербаков А.А., Мехралиев Р.Э., Сердюк В.А. Инфракрасная сушка с применением конвекционно-вакуумной технологии для высушивания продуктов растительного происхождения // ИВД. 2021. №11 (83). URL: [cyberleninka.ru/article/n/infrakrasnaya-sushka-s-primeneniem-konveksionno-vakuumnoy-tehnologii-dlya-vysushivaniya-produktov-rastitelnogo-proishozhdeniya](http://cyberleninka.ru/article/n/infrakrasnaya-sushka-s-primeneniem-konveksionno-vakuumnoy-tehnologii-dlya-vysushivaniya-produktov-rastitelnogo-proishozhdeniya)

6. Юнин В.А., Зыков А.В., Захаров А.М., Перекопский А.Н. Исследование сушильной установки барабанного типа с инфракрасным источником тепла // МНИЖ. 2020. №6-1 (96). URL: [cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sushilnoy-ustanovki-barabannogo-tipa-s-infrakrasnym-istochnikom-tepla](http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sushilnoy-ustanovki-barabannogo-tipa-s-infrakrasnym-istochnikom-tepla)

7. Сергеев М.А., Рудой Д.В., Завалий А.А. Полупырическая имитационная модель нагрева влажного сырья в устройстве динамической инфракрасной сушки. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2022. – №176 (02). <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-176-011>

8. Рудой Д.В., Пахомов В.И., Саркисян Д.С. и др. Анализ способов консервации зерна пшеницы на ранних стадиях спелости. Инновационные технологии в науке и образовании (Конференция «ИТНО 2021») : сб. науч. трудов IX Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: ООО "ДГТУ-ПРИНТ", 2021. – С. 131-137. – DOI 10.23947/itno.2021.131-137.

9. Щербаков А.А., Савенков Д.Н. Работа сушильной установки с применением пониженного давления // Актуальные проблемы науки и техники. 2021: материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 17-19 марта 2021 г. / Дон. гос. техн. ун-т. - Ростов н/Д.: ДГТУ, 2021. - С. 917-918. – URL: <https://ntb.donstu.ru/conference2021>

10. Ермольев Ю.И. Основы научных исследований в сельскохозяйственном машиностроении: учеб. пособие. - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 276 с.



11. Erbay Z., Icier F. (2010) A review of thin layer drying of foods: theory, modeling, and experimental results. *Crit Rev Food Sci Nutr* 50:441–464
12. Datta A.K., Ni H. (2002) Infrared and hot-air-assisted microwave heating of foods for control of surface moisture. *J Food Eng* 51: 355–364
13. Baptestini F.M., Correa P.C., Oliveira GHHD, Botelho F.M., Oliveira APLRD (2017) Heat and mass transfer coefficients and modeling of infrared drying of banana slices. *Revista Ceres* 64:457–464
14. Nowak D., Lewicki P.P. (2004) Infrared drying of apple slices. *Innov Food Sci Emerg* 5:353–360
15. Onwude D.I., Hashim N., Abdan K., Janius R., Chen G. (2019) The effectiveness of combined infrared and hot-air drying strategies for sweet potato. *J Food Eng* 241:75–87
16. Lukyanov A.D. Potato thin layer convective dehydration model and energy efficiency estimation. Marko Petković, Alexander Lukyanov, Dmitry Rudoy, Vladimir Kurčubić, Igor Đurović, Nemanja Miletić, and Jasur Safarov // E3S Web of Conferences 273, 07028 (2021), «Interagromash 2021». 2021. – S. 3-8.

**Вклад авторов:**

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**References**

1. Sahno V.I., Gorshkova M.M., Akulin V.N. Patent RF № 2115321 S1, MPK A23V 4/03. Sposob sushki pishchevyykh produktov i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya / - Opubl. 20.07.1998. – S 6.
2. Antipov S., Klyuchnikov A., Pribytkov A., Rudoy D. Hydrodynamic Aspects of Drying Brewer's Grains in a Suspended Bed. *Lecture Notes in Networks and Systems book series (LNNS), volume 246, pp 33-40 (2022).* doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_4).
3. Zavalij A.A., Lago L.A., Rybalko A.S. Ustrojstvo infrakrasnoj sushki sel'skohozyajstvennogo syr'ya pri ponizhenom davlenii // AVU. 2017. №6 (160). URL: [cyberleninka.ru/article/n/ustrojstvo-infrakrasnoj-sushki-sel'skohozyajstvennogo-syr'ya-pri-ponizhenom-davlenii](http://cyberleninka.ru/article/n/ustrojstvo-infrakrasnoj-sushki-sel'skohozyajstvennogo-syr'ya-pri-ponizhenom-davlenii) (data obrashcheniya: 11.10.2023).
4. Aleksanyan I.YU., Davidyuk V.V., Artem'eva N.N. Novye tekhnologii suhikh produktov zhivotnogo i rastitel'nogo proiskhozhdeniya // *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 1998. №2-3. URL: [cyberleninka.ru/article/n/novye-tehnologii-suhikh-produktov-zhivotnogo-i-rastitel'nogo-proishozhdeniya](http://cyberleninka.ru/article/n/novye-tehnologii-suhikh-produktov-zhivotnogo-i-rastitel'nogo-proishozhdeniya)
5. Savenkov D.N., SHCHerbakov A.A., Mekhraliev R.E., Serdyuk V.A. Infrakrasnaya sushka s primeneniem konvekcionno-vakuumnoj tekhnologii dlya vysushivaniya produktov rastitel'nogo proiskhozhdeniya // *IVD*. 2021. №11 (83). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/infrakrasnaya-sushka-s-primeneniem-konvekcionno-vakuumnoj-tehnologii-dlya-vysushivaniya-produktov-rastitel'nogo-proishozhdeniya>
6. YUnin V.A., Zykov A.V., Zaharov A.M., Perekopskij A.N. Issledovanie sushil'noj ustanovki barabannogo tipa s infrakrasnym istochnikom tepla // *MNIZH*. 2020. №6-1 (96). URL: [cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sushil'noj-ustanovki-barabannogo-tipa-s-infrakrasnym-istochnikom-tepla](http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sushil'noj-ustanovki-barabannogo-tipa-s-infrakrasnym-istochnikom-tepla).
7. Sergeev M.A., Rudoy D.V., Zavalij A.A. Poluempiricheskaya imitacionnaya model' nagraeva vlazhnogo syr'ya v ustrojstve dinamicheskoy infrakrasnoj sushki. *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]*. – Krasnodar: KubGAU, 2022. – №176 (02). <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-176-011>
8. Rudoy D.V., Pahomov V.I., Sarkisyan D.S. i dr. Analiz sposobov konservacii zerna pshenicy na rannih stadiyah spelosti. *Innovacionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii (Konferenciya «ITNO 2021»): sb. nauch. trudov IH Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Rostov-na-Donu: OOO "DGTU-PRINT", 2021. – S. 131-137. – DOI 10.23947/itno.2021.131-137.*
9. SHCHerbakov A.A., Savenkov D.N. Rabota sushil'noj ustanovki s primeneniem ponizhennogo davleniya // *Aktual'nye problemy nauki i tekhniki*. 2021: materialy Vseros. (nac.) nauch.-prakt. konf., Rostov-na-Donu, 17-19 marta 2021 g. / Don. gos. tekhn. un-t. - Rostov n/D.: DGTU, 2021. - S. 917-918. – URL: <https://ntb.donstu.ru/conference2021>
10. r.mol'ev YU.I. Osnovy nauchnykh issledovanij v sel'skohozyajstvennom mashinostroenii: ucheb, posobie. - Rostov n/D: Izdatel'skij centr DGTU, 2013. – S 276.
11. Erbay Z., Icier F. (2010) A review of thin layer drying of foods: theory, modeling, and experimental results. *Crit Rev Food Sci Nutr* 50:441–464
12. Datta A.K., Ni H. (2002) Infrared and hot-air-assisted microwave heating of foods for control of surface moisture. *J Food Eng* 51: 355–364
13. Baptestini F.M., Correa P.C., Oliveira GHHD, Botelho F.M., Oliveira APLRD (2017) Heat and mass transfer coefficients and modeling of infrared drying of banana slices. *Revista Ceres* 64:457–464
14. Nowak D., Lewicki P.P. (2004) Infrared drying of apple slices. *Innov Food Sci Emerg* 5:353–360
15. Onwude D.I., Hashim N., Abdan K., Janius R., Chen G. (2019) The effectiveness of combined infrared and hot-air drying strategies for sweet potato. *J Food Eng* 241:75–87
16. Lukyanov A.D. Potato thin layer convective dehydration model and energy efficiency estimation. Marko Petković, Alexander Lukyanov, Dmitry Rudoy, Vladimir Kurčubić, Igor Đurović, Nemanja Miletić, and Jasur



Safarov // E3S Web of Conferences 273, 07028 (2021), «Interagromash 2021». 2021. – S. 3-8.

*Contribution of the authors:*

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

#### **Информация об авторах**

**Хозяев Игорь Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Техника и технологии пищевых производств», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Igor.Khozyaev@mail.ru

**Полушкин Олег Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Теоретическая и прикладная механика», научный руководитель отдела «Динамика приводов, вибрации и диагностика качества машин», научный руководитель «Энсет–ДГТУ», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», 99@gmail.com

**Щербakov Алексей Алексеевич**, аспирант 3 года обучения по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, ассистент кафедры «Техника и технологии пищевых производств», научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «PCM-STAR», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», alexey\_shcherbakov97@mail.ru.

**Мехралиев Рустам Эльшанович**, аспирант 1 года обучения по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», mekhraliev.rustam@list.ru

#### **Author information**

**Khozyaev Igor A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of “Engineering and Technology of Food Production”, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Don State Technical University”, Igor.Khozyaev@mail.ru

**Polushkin Oleg A.**, Sciences, Professor, Professor of the Department of “Theoretical and Applied Mechanics”, Scientific Director of the Department “Dynamics of Drives, Vibrations and Diagnostics of Machine Quality”, Scientific Director of “Enset-DSTU”, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Don State Technical University”, 99@gmail.com

**Shcherbakov Aleksey A.**, 3st year student of the postgraduate department in the direction of 06/35/04 Technologies, mechanization and power equipment in agriculture, forestry and fisheries, assistant of the department of “Engineering and technology of food production”, research fellow at the research laboratory “PCM-STAR”, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Don State Technical University”, alexey\_shcherbakov97@mail.ru.

**Mehraliev Rustam E.**, 1st year student of the postgraduate department in the direction of 06/35/04 Technologies, mechanization and power equipment in agriculture, forestry and fisheries, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Don State Technical University”, mekhraliev.rustam@list.ru

Статья поступила в редакцию 14.12.2023; одобрена после рецензирования 27.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 14.12.2023; approved after reviewing 27.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.







Научная статья  
УДК 631.3  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.34.78.024

## АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВ ПОД КАРТОФЕЛЬ

**Александр Владимирович Шемякин**<sup>1</sup>, **Валентин Алексеевич Макаров**<sup>2</sup>✉, **Жанна Валерьевна Даниленко**<sup>3</sup>, **Вячеслав Викторович Терентьев**<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>1</sup> shem.alex62@yandex.ru

<sup>2</sup> va\_makarov@rambler.ru

<sup>3</sup> danilenko.zhanna@bk.ru

<sup>4</sup> vvt62ryazan@yandex.ru

### Аннотация.

**Проблема и цель.** Активные рабочие органы фрезерных культиваторов обеспечивают интенсивное рыхление почвы в междурядьях. Но пока нет конструкции для двукратного окучивания картофеля в течение вегетационного периода из-за повреждения ботвы растений. Так, при обработке тяжёлых видов почв рабочие органы культиваторов с пассивными окучивающими рабочими органами могут образовывать крупные комки и глыбы, а на торфяниках сильно сгуживать почву перед рабочими органами, что в конечном итоге приводит к некачественному формированию гребней и, соответственно, к снижению урожайности и повреждению клубней картофеля в процессе уборки и послеуборочной подработки. Цель исследования – определение физико-химических показателей почв.

**Методология.** Установлено, что наиболее распространёнными почвами в России, на которых возделывается картофель, являются дерново-подзолистые. В связных почвах при окучивании последние слабо разрушаются на мелкие частицы; в процессе движения окучника сила сопротивления сильно зависит от связности частиц между собой, такие почвы плохо деформируются под воздействием клина (рабочей части окучника). Отмечается по данным исследований: сопротивление сжатию для суглинистых почв составляет порядка 6,25 г/см<sup>2</sup>, а срезу – в пределах 1,2 кг/см<sup>2</sup>. Для решения вопроса о разрушении почвы под воздействием клина устанавливается зависимость от угла крошения почвы, угла трения почвы о поверхность клина и угла внутреннего трения частиц почвы между собой. При этом воздействие рабочих органов при окучивании носит ударный характер, способствующий разрушению почвы на частицы различной величины.

**Результаты.** Воздействие рабочего органа в процессе обработки почвы тесно связано со значением коэффициента трения «почва - рабочий орган». В то же время при любых почвенных условиях величина сопротивления почвообрабатывающего орудия также зависит от угла наклона рабочего органа, по поверхности которого перемещается почва, и который представляет своего рода плоский клин, перемещающийся в почве. Чем больше угол установки этого клина, тем больше сопротивление орудия.

**Заключение.** Проводить окучивание, особенно второе, в период вегетации картофеля целесообразно культиваторами, оснащёнными пассивными окучивающим рабочими органами в два, три прохода при увеличении высоты надземной части растений картофеля уже свыше 15 см, и содержать почву в рыхлом мелко комковатом состоянии, при оптимальной её влажности. В статье приводятся характеристики почв, номограмма процесса отделения почвенной стружки по этапам движения режущей части окучника и делаются соответствующие выводы о том, что для создания мелкокомковатой структуры в поверхностной части почвы необходимо применение специальных рабочих органов.

**Ключевые слова:** почва, рабочий орган, окучивание, сдвиг

**Для цитирования:** Шемякин А.В., Макаров В.А., Даниленко Ж.В., Терентьев В.В. Агротехнические предпосылки к вопросу исследования рабочих органов для обработки почв под картофель // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т16, №1. С. 181-188 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.34.78.024>



**AGROTECHNICAL PREREQUISITES FOR THE STUDY OF WORKING BODIES FOR PROCESSING SOILS FOR POTATOES****Alexander V. Shemyakin**<sup>1</sup>, **Valentin A. Makarov**<sup>2</sup>✉, **Zhanna V. Danilenko**<sup>3</sup>, **Vyacheslav V. Terentyev**<sup>4</sup><sup>1,2,3,4</sup> Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia<sup>1</sup> shem.alex62@yandex.ru<sup>2</sup> va\_makarov@rambler.ru<sup>3</sup> danilenko.zhanna@bk.ru<sup>4</sup> vvt62ryazan@yandex.ru**Abstract.**

**Problem and purpose.** The active working bodies of milling cultivators provide intensive loosening of the soil between rows. But so far there is no design for double hilling of potatoes during the growing season due to damage to the tops of the plants. Thus, when cultivating heavy types of soil, the working bodies of cultivators with passive hilling working bodies can form large lumps and blocks, and in peat bogs they can heavily load the soil in front of the working bodies, which ultimately leads to poor-quality formation of ridges and, accordingly, to a decrease in yield and damage to tubers potatoes during harvesting and post-harvest work. The purpose of the study is to determine the physical and chemical parameters of soils.

**Methodology.** It has been established that the most common soils in Russia on which potatoes are grown are soddy-podzolic. In cohesive soils, during hilling, the latter are weakly destroyed into small particles, and it is also established that during the movement of the hiller, the resistance force in this case strongly depends on the connectivity of the particles among themselves and are poorly deformed under the influence of the wedge (the working part of the hiller). According to research data, the compression resistance for loamy soils is about 6.25 g/cm<sup>2</sup>, and the shear resistance is within 1.2 kg/cm<sup>2</sup>. To address the issue of soil destruction under the influence of a wedge, a dependence is established on the angle of soil crumbling, the angle of friction of the soil on the surface of the wedge, and the angle of internal friction of parts of the soil among themselves. In this case, the impact of the working bodies during hilling is of a shock nature, promoting the destruction of the soil into particles of various sizes.

**Results.** The impact of the working body during tillage is closely related to the value of the soil-working body friction coefficient. At the same time, under any soil conditions, the resistance value of the tillage implement also depends on the angle of inclination of the working body, along the surface of which the soil moves and which is a kind of flat wedge moving in the soil. The greater the angle of installation of this wedge, the greater the resistance of the weapon.

**Conclusion.** It becomes advisable to carry out hilling, especially the second, during its growing season, with cultivators equipped with passive hilling working bodies in two or three passes when the height of the above-ground part of the potato plants increases above 15 cm, and to keep the soil in a loose, finely lumpy state, with its optimal moisture content. The article presents the characteristics of soils, a nomogram of the process of separating soil chips according to the stages of movement of the cutting part of the hiller and draws the corresponding conclusions that to create a fine-lumpy structure in the surface part of the soil using special working tools.

**Key words:** soil, working body, hilling, shift

**For citation:** Shemyakin A.V., Makarov V.A., Danilenko Zh.V., Terentyev V.V. Agrotechnical prerequisites for the study of working bodies for processing soils for potatoes // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P. 181-188 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.34.78.024>

**Введение**

Ценность картофеля определяется не только как продовольственного продукта и сырья для технических производств, но и как активатора почвообрабатывающих процессов, способствующих глубокому окультуриванию пахотного слоя почвы, очищению его от сорной растительности и подъёму урожайности последующих культур. Выполнение поставленных перед сельским хозяйством задач по производству картофеля возможно при условии применения высокопроизводительной системы машин, отвечающей современным требованиям и условиям выращивания картофеля в

различных почвенно-климатических зонах страны. Рост производства картофеля главным образом может быть получен за счет качественной обработки почвы, применения системы удобрений и, соответственно, повышения урожайности. Положительную роль в этом должны сыграть вопросы, связанные с уходом за его посадками. Выпускаемые промышленностью пропашные культиваторы не в полной мере выполняют требования агротехники. Активные рабочие органы фрезерных культиваторов обеспечивают интенсивное рыхление почвы в междурядьях. Но пока нет конструкции для двукратного окуливания картофеля в те-



чение вегетационного периода из-за повреждения ботвы растений. Так, при обработке тяжёлых видов почв рабочие органы культиваторов с пассивными окучивающими рабочими органами могут образовывать крупные комки и глыбы, а на торфяниках сильно сгруживать почву пред рабочими органами, что в конечном итоге приводит к некачественному формированию гребней, к снижению урожайности и повреждению клубней картофеля в процессе уборки и послеуборочной подработки. При соблюдении всех агротехнологических условий картофелесажалка может размещать посадочные клубни на одинаковой небольшой глубине, что благоприятствует появлению быстрых и равномерных всходов, а также обуславливает мелкое залегание клубней в гнёздах. Соответствующая подготовка почвы оказывает благоприятное влияние не только на качество посадки, но и на работу культиваторов для окучивания посадок картофеля, комбайнов и других машин, используемых в технологическом процессе возделывания и уборки картофеля. При посадке клубней в высокие гребни их качественные характеристики в значительной степени повышаются за счет хорошего прогревания и просыхания в рыхлой почве. Кроме того, рыхлая почва легко просеивается на элеваторах комбайнов, что облегчает их работу и способствует снижению повреждений им клубней. Равномерная и мелкая посадка клубней картофелесажалкой позволяет добиться определенных преимуществ в процессе уборки. От глубины залегания клубней и связанной с этим глубины работы лемеха зависит количество земли, которое приходится просеивать комбайну во время уборки. При глубине выкапывания картофеля 15 см количество просеиваемой земли составляет порядка 1000 кг/га. Увеличение глубины выкапывания картофеля на 1 см влечёт за собой возрастание массы поднимаемой лемехом земли на 150-200 т/га. При глубине копки 20 см количество подбираемой земли составляет 1800-2000 т/га. Эти цифры свидетельствуют о необходимости создавать оптимальные условия для работы сажалок, с тем, чтобы они могли обеспечивать мелкое залегание клубней картофеля. Стремление к столь небольшому заглублению лемеха уборочной машины, используемое при уборке картофеля, вполне понятно.

#### **Материалы и методы исследования**

На основании выполненных исследований по материалам отечественной и зарубежной литературы разрабатываются требования к культиваторам с активными рабочими органами для подготовки и окучивания почвы под посадки картофеля. Для обеспечения рациональных параметров и режимов обработки почвы в статье устанавливается зависимость для угла сдвига частиц почвы относительно друг друга при действии разрушающего клина, для чего разрабатывается номограмма процесса по определению стружки ножом рабочего органа в процессе её отрезания в зависимости от параметрических характеристик почв.

#### **Результаты исследований и их обсуждение**

В России возделывание картофеля произво-

дится как на гладкой, так и на гребневой поверхности. Гребневой способ используется в зонах достаточного, умеренного и повышенного увлажнения. Для исключения гниения клубней необходимо на всех этапах роста и развития растений содержать почву в рыхлом состоянии, хорошо пропускающей воздух, влагу и сохраняющей тепло, особенно в ночное время [8,10,11,12]. В зонах достаточного, умеренного и повышенного увлажнения широкое распространение имеют подзолистые, дерново-подзолистые различной степени оподзоливания почвы. К ним относятся: песчаные, супесчаные, лёгкие и тяжёлосуглинистые, а также торфянистые. Степень и глубина распространения деформации в почве при её обработке орудиями зависят как от конструктивных особенностей почвообрабатывающего орудия, так и от физико-механических свойств обрабатываемой почвы.

Твёрдые почвы мало деформируются при приложении значительных усилий. Интервал между пределом упругости и разрывом имеет небольшую величину. Разрушение их обуславливается напряжениями, лишь незначительно превышающими предел упругости. Такие почвы слабо сопротивляются ударным нагрузкам. Они разрушаются даже при небольших, но частых ударах. По результатам исследований сопротивление сжатию тяжёлого суглинка составляет 16-25 кг/см<sup>2</sup>, а срезу – 1,2 кг/см<sup>2</sup>. Мягкие пластические почвы начинают деформироваться под действием небольших усилий. Однако они выносят даже сильные, но короткие удары. Вязкие почвы имеют сравнительно большой интервал между пределом упругости и разрывом. За пределом упругости они подвергаются пластической деформации. В связных почвах твёрдые частицы соединены между собой абсорбированными плёнками воды, коллоидами цементирующими веществами. Поэтому под воздействием почвообрабатывающего орудия такие почвы скалываются глыбами по плоскостям наименьшего сопротивления. В сухих песчаных почвах сцепление между частицами практически отсутствует и поэтому при воздействии орудиями они распадаются на отдельные частицы. При движении клина в почве средней связности процесс деформации и перемещения пласта почвы разделяется на фазы. Уже при поступлении пласта на рабочий орган почвообрабатывающего орудия начинается его разрушение, которое следует рассматривать как начало крошения. В этой фазе движения в почве под воздействием рабочего органа возникают трещины, пронизывающие её в различных направлениях. Фаза уплотнения характеризуется тем, что пласт почвы под воздействием клина подвергается уплотнению, т.е. почва одного объёма сжимается и вдавливается в другой объём. Фаза сдвига заключается в перемещении пласта почвы в плоскости, расположенной под некоторым углом  $\phi$  к горизонту, что приводит к образованию комков (и даже глыб). Угол, под которым происходит сдвиг почвы при воздействии клина, находится теоретически и экспериментально многими авторами [3,4,6,9,12]. По нашему мнению, он должен быть равен:



$$\varphi = 90^{\circ} - \frac{\beta + \gamma + \rho}{2} \quad (1)$$

где  $\beta$  – угол крошения клина;  
 $\gamma$  – угол трения о поверхность клина;  
 $\rho$  – угол внутреннего трения почвы.

Разрушение продолжается при движении пласта и сходе с рабочей поверхности рабочего органа. Принцип активного воздействия на почву используется и в работе фрезерного культиватора, который заключается в крошении почвы прямыми или кривыми клиньями (ножей), закреплёнными на вращающемся фрезбарабане культиватора. Фрезерные культиваторы относятся к быстродействующим обрабатывающим машинам. Ножи обладают окружной скоростью от 2,5 до 8 м/с. и скорость отбрасывания почвы достигает значительных величин. Так, по проведенным нами ранее исследованиям, при окружной скорости ножа равной 3 м/с скорость отбрасывания равнялась 2,86 м/с. При окружной скорости 5,7 м/с скорость

отбрасывания равнялась 5,56 м/с. Коэффициент отбрасывания почвы ножами фрезбарабана составляет 0,65. Отбрасывание почвы происходит не только за счёт непосредственного воздействия ножа, но и за счёт энергии воздуха, получаемой вращающимся фрезбарабаном. Воздействие на почву и корни сорных растений рабочими органами в большинстве случаев носит ударный характер (воздействие ножа на стружку продолжается 0,02-0,07 секунд), при котором из-за инерции отбрасываемой почвы в последней возникает резкая концентрация напряжений, что существенным образом изменяет картину разрушения почвы по сравнению с таковой при медленном приложении внешней нагрузки. Поэтому ножи фрезы способны измельчать твёрдые глыбы, находящиеся на поверхности, и, не забываясь, обрабатывать сильно задерненные торфяные и минеральные почвы. Процесс отрезания стружки по характеру изменения сил, действующих на нож ротора, делится на пять последовательных этапов (рис. 1).

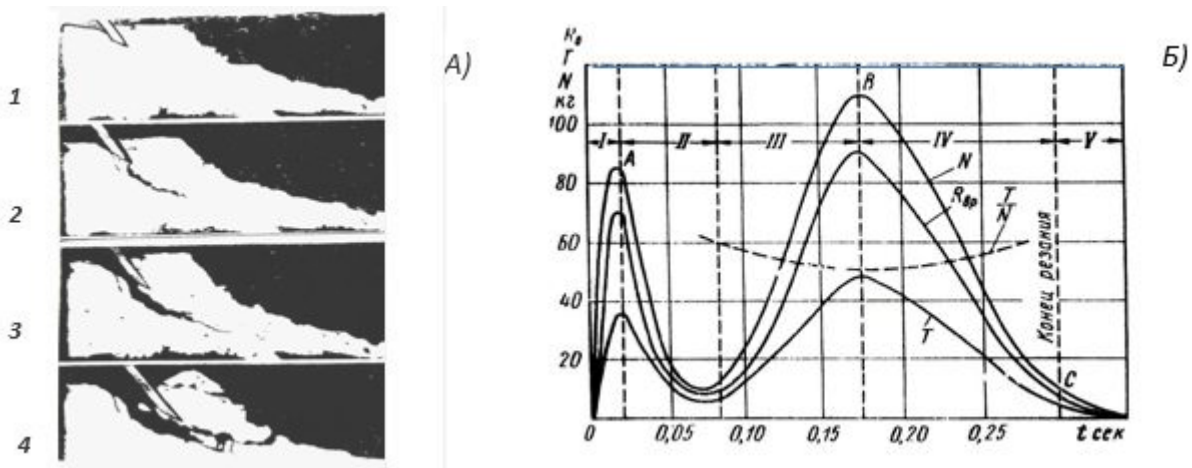


Рис. 1 – Номограмма процесса отделения стружки (А). Осциллограмма отрезания стружки (Б)  
Fig. 1 – Nomogram of the chip separation process (A). Oscillogram of chip cutting (B)

На первом этапе нож внедряется в почву лезвием, сминая почву, этот участок характеризуется быстрым нарастанием сил до первого максимума (точка А). Возрастание усилий в этом периоде определяет фазу уплотнения ядра. Второй этап начинается с момента возникновения трещины. При этом нож двигается почти без усилий, потому что почва, получив ускорение, опережает движение ножа. Но силы инерции, сила веса и сопротивление разрушению оставшейся неотрезанной части пласта затормаживаются в своём движении. Начинается дальнейшее отрезание стружки от дна, частичное разрушение пласта за счёт сжатия и отделения основной части пласта от почвы.

Это соответствует второму периоду, когда величина действующих сил возрастает до второго максимума (точка В). В четвёртом этапе нож продолжает зачищать поверхности и отбрасывать основную массу пласта. Этот период продолжается до конца резания – до прекращения воздействия лезвия на дно борозды при обработке почвы (точ-

ка С). Пятый не показан на рисунке, но он характеризуется тем, что часть пласта отбрасывается ножом (затрачивается работа на сообщение кинетической энергии этой доле пласта). Как показывают исследования, процесс отрезания пласта от дна активным рабочим органом подобен работе клина с пассивным воздействием на почву, когда стружка отделяется от основной массы путём отрыва.

*Механический состав почвы* характеризуется тремя основными её фракциями: песчаные (с частицами размером 2-0,05 мм); пылеватые (с частицами размером 0,05-0,002 мм); илистые (с частицами размером менее 0,002 мм). Фракция, получаемая в процессе обработки почвы орудиями, с размером частиц от 2 до 25 мм представляет собой крупнозернистую супесь, а фракция с размером частиц более 25 мм – комки. Названные почвы, в зависимости от весового соотношения в них фракционного состава, могут быть представлены на рисунке 2.



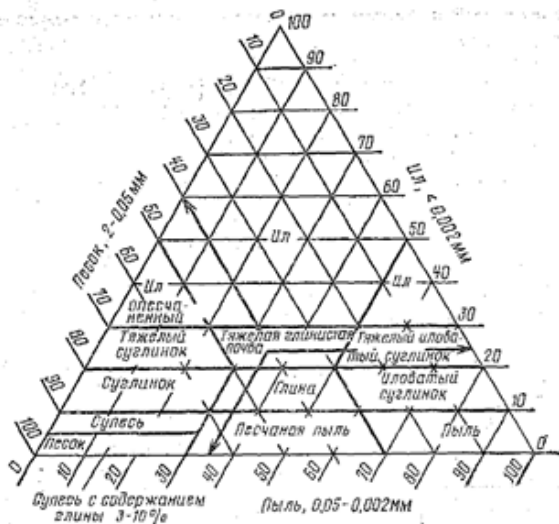


Рис. 2 – Треугольник, иллюстрирующий механический состав почвы  
 Fig. 2 - A triangle illustrating the mechanical composition of the soil

Большое влияние на плодородие почвы оказывает такой показатель как гумус, представляющий собой сложный комплекс органических соединений, из которых растения потребляют для себя необходимые им питательные вещества. Гумус обладает структурообразующим фактором, склеивающим минеральные частицы почвы в комочки. Оптимальная для растений величина этих комочков находится в пределах 0,25-10 мм. Эти размеры комочков создают наиболее благоприятные водно-воздушные условия в почве. Плодородной почвой считается почва, в которой твёрдая фаза занимает 50 %, почвенный воздух – 25 % и жидкая фаза – 25 % общего объёма.

**Водные свойства почвы.** Содержащуюся в почве воду можно разделить на гигроскопическую, капиллярную и гравитационную. Поскольку гигроскопическая не обладает способностью перемещаться и не может усваиваться ни растениями, ни микроорганизмами, то она не имеет особого значения в связи с обработкой почвы. Капиллярная же вода, напротив, имеет решающее значение как для развития растений, так и для обработки почвы.

Капиллярная вода заполняет узкие поры между частицами почвы, называемые капиллярами. В результате действия капиллярных сил вода, находящаяся в капиллярных порах почвы, поднимается на уровень выше зеркала грунтовых вод. Высота этого подъёма воды зависит от разновидности почвы. В песчаных почвах диаметр капилляров во много раз больше, чем в тяжёлых илистых. Поэтому высота капиллярного подъёма влаги в песчаной почве составляет 0,15 м, а в илистой почве может достигать 4 м. По-иному, влияет механический состав почвы на скорость капиллярного подъёма. В узких капиллярах тяжёлых почв подъём воды происходит значительно медленнее, чем в более широких капиллярах песчаных почв.

Иногда в случае опускания уровня грунтовых вод происходит разрыв капиллярных связей с влагой. В таких случаях, если капилляры достигают поверхности поля, происходит быстрое испарение влаги, находящейся в капиллярах; освобождающиеся капиллярные поры заполняются воздухом (высыхание почвы).

Скорость высыхания почвы зависит от механического состава, так как чем меньше диаметр капилляров, т.е. чем тяжелее почва по механическому составу, тем медленнее происходит высыхание влаги и проникновение воздуха в освобождающиеся капиллярные пространства. Объём связанных, плотных почв увеличивается на несколько процентов по мере повышения их влажности, что не наблюдается в песчаных почвах. Происходит это вследствие набухания коллоидов и отодвигания друг от друга частиц почвы. Высыхание тяжёлых почв вызывает обратный процесс, т.е. уменьшение объёма коллоидов. Внешне это проявляется в появлении трещин в почве. Трещинообразование в почве может повлечь за собой (при значительных масштабах этого явления) повреждение корневой системы возделываемых культур; образовавшиеся в результате высыхания почвы трещины могут достигать глубины до 2 м. Образование корки на поверхности почвы свидетельствует о подъёме влаги, доходящей до поверхности почвы. Для того чтобы помешать высыханию почвы, достаточно рыхлить её на небольшую глубину, с тем чтобы разрушить капиллярную систему в верхнем её слое. Мерой влажности почвы может служить весовая влажность почвы, выражаемая формулой:

$$W_b = \frac{m_m - m_s}{m_c} \cdot 100 = \frac{m_w}{m_c} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $m_m$  – масса влажного образца, взятого перед сушкой;

$m_s$  – масса образца после сушки при температуре 1050;

$m_w$  – масса влаги, содержащейся во влажном образце.

Весовая влажность без определения механического состава почвы не даёт информации о пригодности почвы к обработке. Так, песчаные почвы, обладающие низкой пористостью, могут быть признаны влажными при низком значении абсолютной влажности, равном, например 15 %. Тяжёлые почвы с хорошей структурой, отличающиеся большой пористостью, только при абсолютной влажности более 23 % или даже 25 % производят впечатление влажных.

Вот почему для практического работника сельского хозяйства гораздо важнее знать относительную влажность почвы, поскольку она выражает отношение абсолютной, или установленной в данный момент, влажности к полной (максимальной) влагоёмкости почвы, получаемой после заполнения водой всех почвенных пор. Влагоёмкость почвы  $W_m$  определяют по формуле:

$$W_m = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100\%, \quad (3)$$





где  $m_s$  – масса образца, насыщаемого влагой. Ввиду того, что относительную влажность  $W_m$  определяют как:

$$W_w = \frac{W_b}{W_m},$$

окончательная формула принимает вид:

$$W_w = \frac{m_m - m_s}{m_n - m_s} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Однако следует отметить, что неправильно произведенная обработка почвы, как это обычно случается при высокой влажности почвы, вспашка ухудшает её пористость, и соответственно структуру почвы. Пористость почвы  $n$ , значение которой уже было объяснено, определяется с помощью формулы:

$$n = \frac{\gamma_s - \gamma_0}{\gamma_s}, \quad (5)$$

При этом

$$\gamma_0 = \frac{m_s}{V_g}; \quad \gamma_s = \frac{m_m}{V_g},$$

где  $\gamma_s$  – удельная масса твёрдой фазы почвы, г/см<sup>3</sup>;

$V_g$  – объём образца почвы, см<sup>3</sup>;

$\gamma_0$  – объёмная масса влажного образца почвы, г/см<sup>3</sup> (при полной влагоёмкости).

**Тепловые свойства почвы.** К важным показателям, характеризующим почву, следует отнести также теплоёмкость и теплопроводность.

Их значение зависит от механического состава, пористости и влажности почвы. Теплоёмкость воды [4,2×10<sup>-4</sup> Дж/(м<sup>3</sup>·К)] в 2,1 раза выше, чем теплоёмкость твёрдой фазы почвы, и более чем в 3 тыс. раз выше, чем теплоёмкость воздуха. Из этого следует, что увеличение влажности почвы влечёт за собой повышение теплоёмкости почвы. Изменение содержания воздуха в почве не оказывает влияния на её теплоёмкость. Низкая теплоёмкость почвы является причиной быстрого ее остывания. Прогревание почвы связано с теплопроводностью: у влажной почвы высокий коэффициент теплопроводности, составляющий  $\mu_m=0,8-1,6$  Вт/(м·К), а сухой почвы – низкий:  $\mu_s=0,12-0,2$  Вт/(м·К). Значения этого коэффициента для важнейших компонентов почвы составляют: для воды  $\mu_w=0,6$  Вт/(м·К), для прочих механических компонентов  $\mu=1,2-12$  Вт/(м·К), для воздуха  $\mu=0,02$  Вт/(м·К). Приведенные выше значения коэффициента теплопроводности ясно показывают, почему рыхлый и пористый слой почвы с небольшой влажностью замедляет нагревание и высыхание расположенного под ним нижнего слоя почвы. Вот почему весной, когда желательно, чтобы почва быстрее прогрелась, нельзя рыхлить почву с высоким содержанием влаги, поскольку это затрудняет и замедляет прогревание слоя, лежащего под слоем, подвергающемся рыхлению.

**Механические свойства почвы.** К наиболее важным свойствам почвы, определяющим особенности её обработки, нужно, в первую очередь, отнести показатели возникающие в ней внутреннего и внешнего трения. Внутреннее трение, т.е. трение между частицами в почве, позволяет определить зону воздействия рабочего органа почвообрабатывающего орудия; в тот момент, когда внешняя сила воздействия почвообрабатывающего орудия на почву превысит силу внутреннего трения, тогда начинается её деформирование, а затем уже образование раковины в почве.

Наклон стенок раковины, при котором начинается деформация, определяется углом внутреннего трения (рис. 3). Значение внутреннего угла трения составляет в песчаных почвах и супесях 20-40°, а для глинистых почв – 15-26°. Величина внутреннего трения почвы позволяет установить расстояние между рабочими элементами  $h$ , при котором, для данной глубины, обеспечивается рыхление обрабатываемого слоя (рис. 3). Угол внешнего трения зависит от разновидности почвы, её влажности и гладкости рабочей поверхности рабочего органа, воздействующего на почву.

Поскольку рабочие органы для обработки почвы изготавливаются исключительно из видов стали с приблизительно одинаковой гладкостью поверхности (после приработки), то для данной разновидности почвы величина внутреннего трения изменяется вместе с изменением влажности. Однако это изменение зависит от разновидности почвы. Так, значение этого угла составляет 26-29° для супесчаных и песчаных почв, для лажных – 36-40°. По полированным поверхностям рабочих органов значение этого угла на 5-8° меньше вышеуказанных для сухих почв и лишь приблизительно на 2° – для влажных. Для глинистых почв эти значения составляют 26°, когда содержание влаги в почве невелико, и 38° при высокой влажности, причём, полированные поверхности рабочих органов уменьшают значение угла внешнего трения в этом случае на 6° и 2° соответственно. Угол внешнего трения – величина, определяющая значение коэффициента трения почвы о рабочий орган почвообрабатывающего орудия, поскольку  $\mu = \tan \varphi$ , где  $\varphi$  – угол внешнего трения.

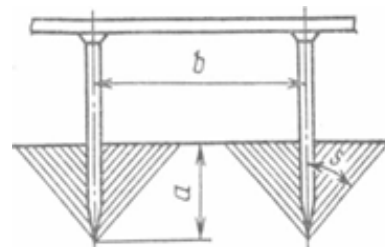


Рис. 3 – Зона действия рабочего органа в зависимости от величины угла внутреннего трения  $\varphi$

Fig. 3 – Area of action of the working body depending on the value of the angle of internal friction  $\varphi$



При некотором значении угла установки рабочего органа (клина), близком к значению угла внешнего трения, почва перестаёт перемещаться по поверхности клина и начинает нагромождаться, вызывая этим дополнительный рост сопротивления. Этого можно избежать, если угол установки рабочего органа (клина), перемещающегося в почве, не будет превышать по величине угла внешнего трения (хотя это и несколько упрощает подход к решению данной проблемы).

Для уменьшения сопротивления при обработке почвы и для предотвращения нагромождения, особенно при обработке тяжёлых почв\*, некоторые орудия, например тяжёлые культиваторы и глубокорыхлители, оснащают механизмом для регулирования угла установки рабочих органов по отношению к поверхности поля.

\*На основании часто применяемого гранулометрического критерия классификации почв их относят: к лёгким при наличии до 10 % частиц диаметром  $\leq 0,02$  мм; к лёгким при наличии 11-20 % частиц диаметром  $\leq 0,02$  мм; к средним при наличии 21-30 % частиц диаметром  $\leq 0,02$  мм; к тяжёлым при наличии более 35 % частиц диаметром частиц диаметром  $\leq 0,02$  мм.

#### Заключение

Для получения высоких урожаев картофеля и создания лучших условий для вегетирующих растений картофеля и последующего проведения уборочных работ машинными технологиями, поверхностный слой должен иметь мелкокомковатую структуру, позволяющую снизить повреждения при уборке. При работе почвообрабатывающих машин на связанной почве основным видом деформации является отрыв с образованием мелких комков. Необходимое крошение почвы можно получить с применением специальных рабочих органов (ротационного типа) с соответствующими режимами их работы.

#### Список источников

1. Машины и оборудование для обработки пропашных культур «сельскохозяйственная техника» ТКП-073 – 2007. -45 с.
2. Алдошин Н.В. Совершенствование конструкции фрезерной машины для нарезки гряд / Н.В. Алдошин, А.И. Панов, М.А. Махедов // Вестник ФГБУ Московский государственный университет им В.П. Горячкина – 2019. - №1.- С 15-19.

*Вклад авторов:*

*Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов*

#### References

1. *Mashiny i oborudovanie dlya obrabotki propashnyh kul'tur «sel'skohozyajstvennaya tekhnika» ТКП-073 – 2007. -45 s.*
2. *Aldoshin N.V. Sovershenstvovanie konstrukcii frezernoj mashiny dlya narezki gryad / N.V. Aldoshin, A.I. Panov, M.A. Mahedov //Vestnik FGBU Moskovskij gosudarstvennyj universitet im V.P. Goryachkina – 2019. - №1.- S 15-19.*
3. *Kolchin N.N., Ponamarev A.G. System of machine technologies and special equipment for potato growing / System of technologies and machines for the innovative development of the Russian agro-industrial complex. // Sat. scientific report scientific tech. conf. – Part 1. – M.: VIM, 2013. – P. 271 – 276.*
3. *Kolchin N.N., Ponamarev A.G. Система машинных технологий и специальная техника для картофелеводства / Система технологий и машин для инновационного развития АПК России. // Сб. науч. докл. науч. техн. конф. – Ч 1. – М.: ВИМ, 2013. – С. 271 – 276.*
4. *Старовойтова О.А. Физико - механические параметры почвы при выращивании картофеля на грядах /О.А. Старовойтова, В.И Старовойтов, А.А. Махонина, С.М. Духанина //Земледелие 2018.- №5. –С.16-20.*
5. *Обработка почвы при интенсивном возделывании полевых культур /Н.А Чупеев //Перевод с польского - М.: Агропромиздат, 1988. – 250 с.*
6. *Пантелеев, С. В. Теоретические аспекты ресурсосбережения / С. В. Пантелеев. // Молодой ученый. — 2017. — № 45 (179). — С. 196-201.*
7. *Славкин, В.И. Снижение уплотняющего воздействия агрегатов на почву / В.И. Славкин, М.М. Махмутов, С.В. Горюнов, А.С. Апатенко // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 126. – С. 87-92.*
8. *Старовойтова О.А. Физико - механические параметры почвы при выращивании картофеля на грядах /О.А. Старовойтова, В.И Старовойтов, А.А. Махонина, С.М. Духанина // Земледелие 2018.- №5. –С.16-20.*
9. *Терещенко Н.Н. Микробиологические процессы в ризосфере при различных обработках почвы. / Н.Н. Терещенко, Н.А. Лапшинов, В.Н. Пиккуль, Н.Ф. Березин //Достижение науки и техники АПК. – 2011, - №12. – С12-15.*
10. *Туболев С.С. Машинные технологии и техника для возделывания картофеля. – М.: Агропромиздат. – 312 с.*
11. *Шестаков Н.И. Урожайность картофеля в зависимости от приёмов обработки почвы перед посадкой //Достижения науки и техник АПК. – 2012.-№11. – С.21-24.*
12. *Heege H., Mülle G. Technique of sowing grain, KTBL Schrift 212 Darmstabt – Kranichstein 1987.*
13. *Heege H.J. Prodlleme of Bdodenbeardeitleitigs/ - and Ordering technique. Landtechnik H. 2, 1998.*
14. *Zumbach W. Askerbau - Experience with shating machines; comparison investigation of deep pits. Annual Report on the years 1977/1978 - Eidg. Research Institute for Industrial Years and Agricultural Technology, Verbansdruckerei AG, Bern 1979.*



4. Starovojtova O.A. Fiziko - mekhanicheskie parametry pochvy pri vyrashchivanii kartofelya na gryadah /O.A. Starovojtova, V.I Starovojtov, A.A. Mahonina, S.M. Duhanina //Zemledelie 2018.- №5. –S.16-20.
5. Obrabotka pochvy pri intensivnom vzdelyvanii polevyh kul'tur /N.A CHupeev //Perevod s pol'skogo - M.:Agropromizdat, 1988. – 250 s.
6. Panteleev, S. V. Teoreticheskie aspekty resursosberezheniya / S. V. Panteleev. // Molodoj uchenyj. — 2017. — № 45 (179). — S. 196-201.
7. Slavkin, V.I. Reducing the compacting effect of aggregates on the soil / V.I. Slavkin, M.M. Makhmutov, S.V. Goryunov, A.S. Apatenko // Proceedings of GOSNITI. – 2017. – T. 126. – P. 87-92.
8. Starovojtova O.A. Fiziko - mekhanicheskie parametry pochvy pri vyrashchivanii kartofelya na gryadah /O.A. Starovojtova, V.I Starovojtov, A.A. Mahonina, S.M. Duhanina //Zemledelie 2018.- №5. –S.16-20.
9. Tereshchenko N.N. Mikrobiologicheskie processy v rizosfere pri razlichnyh obrabotkah pochvy. / N.N. Tereshchenko, N.A. Lapshinov, V.N. Pikul', N.F. Berezin //Dostizhenie nauki i tekhniki APK. – 2011, - №12. – S12-15.
10. Tubolev S.S. Mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya vzdelyvaniya kartofelya. – M.: Agropromizdat. – 312 s.
11. SHestakov N.I. Urozhajnost' kartofelya v zavisimosti ot priyomov obrabotki pochvy pered posadkoj / Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2012. -№11. – S.21-24.
12. Heege H., Mülle G. Technique of sowing grain, KTBL Schrift 212 Darmstadt – Kranichstein 1987.
13. Heege H.J. Probleme of Bbodenbearbeitungs/- and Ordering technique. Landtechnik H. 2, 1998.
14. Zumbach W. Askerbau - Experience with shating machines; comparison investigation of deep pits. Annual Report on the years 1977/1978 - Eidg. Research Institute for Industrial Years and Agricultural Technology, Verbansdruckerei AG, Bern 1979.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

#### Информация об авторах

**Шемякин Александр Владимирович**, д-р техн. наук, профессор, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, shem.alex62@yandex.ru

**Макаров Валентин Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, va\_makarov@rambler.ru

**Даниленко Жанна Валерьевна**, ст. препод., соискатель по кафедре организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, danilenko.zhanna@bk.ru

**Терентьев Вячеслав Викторович**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, vvt62ryazan@yandex.ru

#### Author information

**Shemyakin Alexander V.**, Doctor of Technical . Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, shem.alex62@yandex.ru

**Makarov Valentin A.**, Doctor of Sciences, Professor of the Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, va\_makarov@rambler.ru

**Danilenko Zhanna V.**, senior Lecturer, applicant for the Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, danilenko.zhanna@bk.ru

**Terentyev Vyacheslav V.**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Head department of organization transport processes and life safety, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, vvt62ryazan@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 19.12.2023; одобрена после рецензирования 07.03.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 19.12.2023; approved after reviewing 07.03.2024; accepted for publication 11.03.2024.





Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №1, с. 189-194  
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №1, pp. 189-194

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 632.51  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.61.53.025

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В КЛЕТОЧНОЙ СТРУКТУРЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ТКАНЕЙ РАСТЕНИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИМ НАПРЯЖЕНИЕМ**

**Дмитрий Евгеньевич Каширин**<sup>1</sup>, **Денис Романович Горшков**<sup>2</sup>✉, **Виктор Вячеславович Павлов**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО РГАТУ «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

<sup>1</sup> [kadm76@mail.ru](mailto:kadm76@mail.ru)

<sup>2</sup> [gorshkov.d.r@yandex.ru](mailto:gorshkov.d.r@yandex.ru)

<sup>3</sup> [pavlov.rgatu@mail.ru](mailto:pavlov.rgatu@mail.ru)

**Аннотация.**

**Проблемы и цель.** Целью настоящего исследования является экспериментальное определение изменения электрического сопротивления растений при протекании через них постоянного электрического тока при различных уровнях испытательного напряжения и различных значениях времени воздействия, обусловленного качественными изменениями в клеточной структуре.

**Методология.** Исследование проводили в лабораториях кафедры электроснабжения ФГБОУ ВО РГАТУ им. П.А. Костычева. Объектом исследования являлись стебли овса сорта «Яков» (ростки 10-15 дней), применяемого в травосмесях для выращивания газонов.

**Результаты.** Получены эмпирические уравнения, описывающие изменения сопротивления растительной ткани в зависимости от времени воздействия при значениях приложенного напряжения 500, 1000 и 2500 В. Из анализа полученных зависимостей следует, что сопротивление растений – величина непостоянная и изменяется нелинейно.

**Заключение.** Наблюдается общая тенденция к снижению сопротивления с увеличением времени воздействия; чем выше приложенное напряжение, тем более монотонно изменяется сопротивление. Протекание электрического тока через растительную ткань оказывает влияние на клеточную структуру растения, содержимое растительных клеток становится подвижным как внутри клетки, скапливаясь вдоль клеточной стенки, так и диффундирует за пределы клетки, что приводит к нарушению целостности растительных клеток. При воздействии высоким напряжением стебель растения темнеет со стороны отрицательного электрода, и через некоторое время происходит резкое повышение электрического сопротивления растения с разрывом стебля в области потемнения, где начинают протекать поверхностные токи с частичной ионизацией воздуха.

**Ключевые слова:** сорные растения, клеточная структура, электрический ток, высокое напряжение

**Для цитирования:** Каширин Д.Е., Горшков Д.Р., Павлов В.В. Исследование изменений в клеточной структуре и электрических свойствах тканей растений в результате воздействия высоким напряжением // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т16, №1. С. 189-194 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.61.53.025>

Original article

**STUDY OF CHANGES IN THE CELLULAR STRUCTURE AND ELECTRICAL PROPERTIES OF PLANT TISSUE AS A RESULT OF EXPOSURE TO HIGH VOLTAGE**

**Dmitry E. Kashirin**<sup>1</sup>, **Denis R. Gorshkov**<sup>2</sup>✉, **Viktor V. Pavlov**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia



<sup>1</sup>kadm76@mail.ru<sup>2</sup>gorshkov.d.r@yandex.ru<sup>3</sup>pavlov.rgatu@mail.ru**Abstract.**

**Problem and purpose.** The purpose of this study is to experimentally determine changes in the electrical resistance of plants when a direct electric current flows through them at different levels of test voltage and different values of exposure time, due to qualitative changes in the cellular structure.

**Methodology.** The study was carried out in the laboratories of the Department of Electrical Supply of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Aviation Technical University named after P.A. Kostycheva. The object of the study was the stems of the Yakov variety of oats (sprouts 10-15 days old), used in grass mixtures for growing lawns.

**Results.** Empirical equations were obtained that describe changes in the resistance of plant tissue depending on the exposure time at applied voltages of 500, 1000 and 2500 V. From the analysis of the obtained dependencies it follows that plant resistance is not a constant value and changes nonlinearly.

**Conclusion.** There is a general tendency for resistance to decrease with increasing exposure time; The higher the applied voltage, the more monotonically the resistance changes. The flow of electric current through plant tissue affects the cellular structure of the plant; the contents of plant cells become mobile both inside the cell, accumulating along the cell wall, and diffuse outside the cell, which leads to disruption of the integrity of plant cells. When exposed to high voltage, the plant stem darkens on the side of the negative electrode, and after some time there is a sharp increase in the electrical resistance of the plant with a rupture of the stem in the darkening area, where surface currents begin to flow with partial ionization of the air.

**Key words:** weeds, cellular structure, electric current, high voltage

**For citation:** Kashirin D.E., Gorshkov D.R., Pavlov V.V. Study of changes in the cellular structure and electrical properties of plant tissues as a result of exposure to high voltage // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.1, P.189-194 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.61.53.025>

**Введение**

Практический опыт растениеводства позволяет утверждать, что сорная растительность в значительной мере снижает урожайность культурных растений. Поэтому для увеличения ресурсов земледелия необходимы эффективные инструменты борьбы с данными видами растений [1, 2, 3].

Широко распространенные механические способы очистки посевных площадей от сорняков, безусловно, имеют хорошие экологические показатели, но при этом весьма малопродуктивны [4].

Практический опыт эксплуатации плугов, снабженных предплужниками, предназначенными для механического разрушения корневой системы растений-вредителей, показал, что часто возникают засорения пространства между корпусом плуга и предплужника, при этом нарушается работа плуга, что требует от тракториста многократных остановок и очисток во время пахоты [5]. Поэтому в последние годы механические способы борьбы с сорной растительностью стали редкостью. Все большую популярность приобретают химические способы борьбы с сорняками [6]. Многочисленные исследования последствий химической обработки растений показывает, что часть пестицидов накапливается в растениях и впоследствии попадает в организм человека. Это вызывает комплекс различных негативных биохимических воздействий [7]. Исследования, проведенные немецкими учеными, направленные на изучение популяции насекомых в закрытых заповедниках (естественных природных парках, где полностью запрещена любая хозяйственная деятельность), показали, что с 1989 года численность насекомых снизилась на 78-79 %. Причиной таких изменений является по-

всеместная химизация сельского хозяйства [8, 9, 10]. Поэтому многие страны, опасаясь радикальных изменений в экосистеме, стараются отказаться от химизации сельского хозяйства [11, 12].

В связи с вышесказанным, современные нетрадиционные способы борьбы с сорной растительностью приобретают все большую популярность [13-16]. Исследования, проводимые нами, предполагают воздействие электрического тока высокого напряжения непосредственно на стебель растения. Поскольку в условиях производства на данный процесс будет влиять большое количество различных факторов, на первом этапе исследования необходимо установить изменение активного сопротивления растений под действием электрического тока в стебле сорного растения. Априорно известно, что данный фактор имеет характер нелинейного воздействия. Следует также установить влияние электрического тока и на культурные растения, такие как овес. Данная информация необходима для определения рациональных условий борьбы с сорной растительностью.

**Материалы и методы исследования**

Опыты выполняли с пророщенным овсом сорта «Яков». В специально изготовленной теплице при стабильных условиях микроклимата и освещения овес выращивали на протяжении 14 дней. Из полученной зеленой массы формировали экспериментальные пробы. Для стабилизации условий проведения опытов был изготовлен диэлектрический держатель (рис. 1-б), снабженный двумя токопроводящими зажимными контактами. Конструкция устройства предполагала размещение его в микроскопе, что обеспечивало возможность наблюдения изменения в структуре растения на

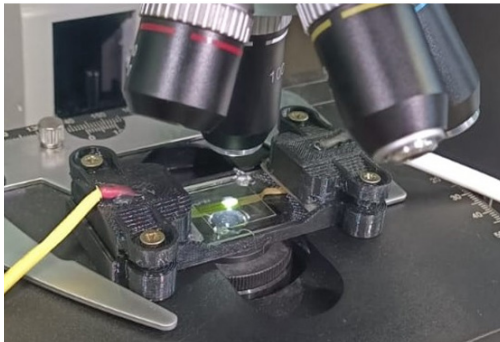


клеточном уровне непосредственно при проведении эксперимента.

В процессе опыта через растение пропускали электрический ток напряжением 500, 1000 и 2500 В, генерируемый мегомметром марки М4122 (ГОСТ Р 51522) и одновременно измеряли величину электрического сопротивления растения. Для наблюдения за изменением в структуре растения использовали микроскоп Saike Digital SK2009H2 (рис. 1-а). Для повышения точности проводимых в опытах измерений места контактов растения с электродами зажимного устройства обрабатывали токопроводящей пастой.



а



б

- а – микроскоп, снабженный мегомметром (условные обозначения: 1 – цифровой микроскоп, 2 – опытный образец, закрепленный в держателе, 3 – мегомметр, 4 – щупы мегомметра, подключенные к электродам держателя)  
 б – держатель-крепление на предметном столике микроскопа

Рис. 1 – Общий вид лабораторной установки для определения сопротивления растений при пропускании электрического тока:

- а - microscope equipped with a megger (symbols: 1 - digital microscope, 2 - prototype fixed in a holder, 3 - megger, 4 - megger probes connected to the electrodes of the holder); б – holder-mount on the microscope stage

Fig. 1 – General view of a laboratory device for determining the resistance of plants when passing an electric current

Исследование проводили следующим образом. Непосредственно перед началом опыта стебель растения срезали и формировали из него опытный образец – отделяли от корней и закрепляли в держателе на предметном стекле таким образом, чтобы образовался надежный контакт обоих концов стебля с медными электродами держателя (рис. 1-б). Исследование было направлено на установление величины электрического сопротивления только надземной части растения. Под действием приложенного испытательного напряжения, источником которого являлся выше описанный мегомметр М4122, через стебель растения протекал электрический ток. По окончании процесса воздействия напряжением получали результаты замеренного мегомметром электрического сопротивления стебля. Продолжительность каждого отдельного измерения является параметром измерительного прибора и составляет 4-6 сек. Общее время воздействия определяется количеством последовательных единичных замеров.

Начальное значение электрического сопротивления у образцов варьирует в связи с наличием неоднородностей в тканях растений, поэтому для оценки общей тенденции изменения сопротивления осуществляли перевод параметра в относительные единицы:

$$R_{n(o.e.)} = R_n / R_1 \quad (1)$$

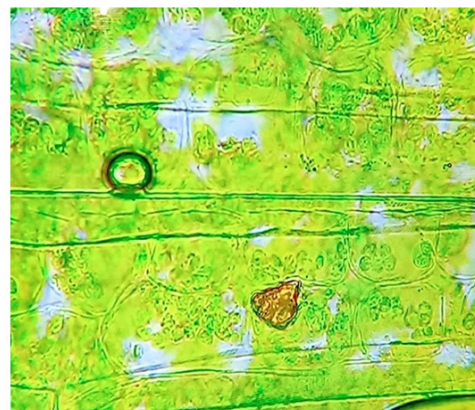
где,  $R_{n(o.e.)}$  – значение сопротивления при n-м измерении и в относительных единицах, о.е.;

$R_n$  – значение сопротивления при n-м измерении в физических единицах, Ом;

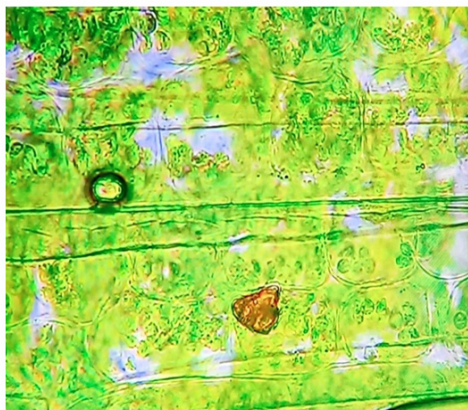
$R_1$  – начальное значение сопротивления в физических единицах, Ом.

#### Результаты исследований и их обсуждение

В результате исследования наблюдали качественное изменение в клеточной структуре растений. Протекание электрического тока через растительную ткань приводит к тому, что содержимое растительных клеток становится подвижным как внутри клетки, скапливаясь вдоль клеточной стенки, так и диффундирует за пределами клетки, что приводит к нарушению целостности растительных клеток (рис. 2)..



а



б

Рис. 2 – Клеточная структура стебля овса:

а – до воздействия электрическим током;  
б – после воздействия электрическим током

Fig. 2 – Cellular structure of the oat stem:

а – before exposure to electric current;  
б – after exposure to electric current

Результаты экспериментального исследования зависимости электрического сопротивления стеблей овса в относительных единицах от продолжительности протекания через них электрического тока при различных уровнях приложенного напряжения (2500, 1000, 500 В) представлены в виде регрессионных моделей (2)-(4) и графических зависимостей (рисунки 3-5).

$$R_{n(o.e.),2500B} = -0,06 \cdot \ln(n) + 0,987 \quad (2)$$

$$R_{n(o.e.),1000B} = 2 \cdot 10^{-9}n^6 - 3 \cdot 10^{-7}n^5 + 2 \cdot 10^{-5}n^4 - 0,0001n^3 + 0,006n^2 - 0,032n + 0,990 \quad (3)$$

$$R_{n(o.e.),500B} = 1 \cdot 10^{-10}n^6 - 4 \cdot 10^{-8}n^5 + 4 \cdot 10^{-6}n^4 - 0,0002n^3 + 0,005n^2 - 0,0475n + 1,0015 \quad (4)$$

Для уравнений (2)-(4) значения коэффициента детерминации  $R_2$  равны соответственно 0,982; 0,964; 0,976, что свидетельствует о высокой точности полученных моделей.

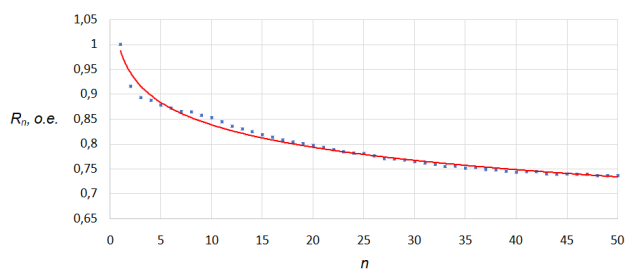


Рис. 3 – Данные эксперимента и график зависимости электрического сопротивления стебля овса в относительных единицах от времени воздействия (количества единичных замеров n) при значении приложенного испытательного напряжения 2500 В

Fig. 3 – Experimental data and a graph of the dependence of the electrical resistance of the oat stem in relative units on the exposure time (number of individual measurements n) at an applied test voltage of 2500V

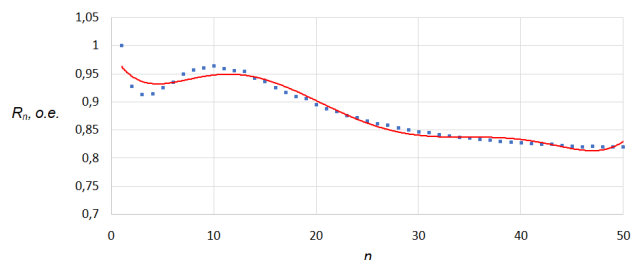


Рис. 4 – Данные эксперимента и график зависимости электрического сопротивления стебля овса в относительных единицах от времени воздействия (количества единичных замеров n) при значении приложенного испытательного напряжения 1000 В

Fig. 4 – Experimental data and a graph of the dependence of the electrical resistance of the oat stem in relative units on the exposure time (number of individual measurements n) at an applied test voltage of 1000V

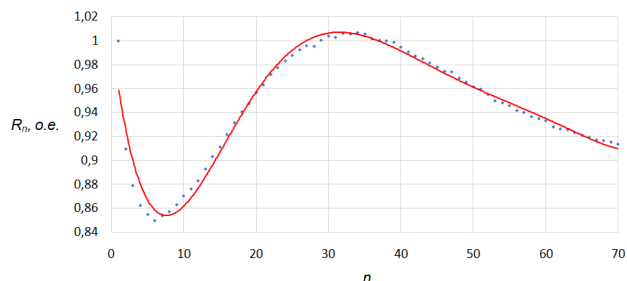


Рис. 5 – Данные эксперимента и график зависимости электрического сопротивления стебля овса в относительных единицах от времени воздействия (количества единичных замеров n) при значении приложенного испытательного напряжения 500 В

Fig. 5 – Experimental data and a graph of the dependence of the electrical resistance of the oat stem in relative units on the exposure time (number of individual measurements n) at an applied test voltage of 500V

### Заключение

В результате исследований можно сделать следующие выводы:

1. Получены эмпирические уравнения, описывающие изменения сопротивления растительной ткани в зависимости от времени воздействия при значениях приложенного напряжения 500, 1000 и 2500 В. Из анализа полученных зависимостей следует, что сопротивление растений – величина непостоянная и изменяется нелинейно; наблюдается общая тенденция к снижению сопротивления с увеличением времени воздействия; чем выше приложенное напряжение, тем более монотонно изменяется сопротивление.

2. Протекание электрического тока через растительную ткань оказывает влияние на клеточную структуру растения, содержимое растительных клеток становится подвижным как внутри клетки, скапливаясь вдоль клеточной стенки, так и диффундирует за пределами клетки, что приводит к





нарушению целостности растительных клеток.

3. При воздействии высоким напряжением стебель растения темнеет со стороны отрицательного электрода, и через некоторое время происходит резкое повышение электрического сопротивления растения с разрывом стебля в области потемнения, где начинают протекать поверхностные токи с частичной ионизацией воздуха.

#### Список источников

1. Курдюмов, В. И. Новый рабочий орган культиватора / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, И. А. Шаронов // Сельский механизатор. – 2012. – № 11. – С. 12. – EDN PJLFCR.

Орудия для междурядной обработки / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, И. А. Шаронов [и др.] // Сельский механизатор. – 2013. – № 12. – С. 16-17. – EDN RXTLIV.

2. Курдюмов, В. И. Энергосберегающая технология посева пропашных культур / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 1. – С. 7-8. – EDN HYKLBV.

3. Оптимизация параметров и режимов работы почвообрабатывающего катка / В. И. Курдюмов, И. А. Шаронов, Е. Н. Прошкин [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 2. – С. 5-7. – EDN UXPZCJ.

4. Курдюмов, В. И. Определение плотности почвы после прохода катка-гребнеобразователя / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 4. – С. 27-29. – EDN HZQBVT.

5. Теоретические и экспериментальные исследования почвообрабатывающего катка / В. И. Курдюмов, Е. Н. Прошкин, И. А. Шаронов [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 4(34). – С. 12-17. – DOI 10.31279/2222-9345-2018-7-32-12-17. – EDN YXAFKP.

6. Почвообрабатывающий каток для предпосевной подготовки почвы / В. И. Курдюмов, И. А. Шаронов, Е. С. Зыкин [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 2(18). – С. 45-48. – EDN TZZQTF.

7. Курдюмов, В. И. Обоснование диаметра дискового рыхлителя орудия для прикатывания почвы / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, В. Е. Гаврилова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2(42). – С. 13-17. – DOI 10.18286/1816-4501-2018-2-13-17. – EDN USHNOB.

8. Курдюмов, В. И. Энергосберегающие средства механизации гребневого возделывания пропашных культур / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 1(21). – С. 144-149. – EDN QAUUYJ.

*Вклад авторов:*

*Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

#### References

1. Kurdyumov, V. I. *Novy`j rabochij organ kul`tivatora* / V. I. Kurdyumov, E. S. Zy`kin, I. A. Sharonov // *Sel`skij mexanizator*. – 2012. – № 11. – S. 12. – EDN PJLFCR.

*Orudiya dlya mezhduryadnoj obrabotki* / V. I. Kurdyumov, E. S. Zy`kin, I. A. Sharonov [i dr.] // *Sel`skij mexanizator*. – 2013. – № 12. – S. 16-17. – EDN RXTLIV.

2. Kurdyumov, V. I. *E`nergosberegayushhaya texnologiya poseva propashny`x kul`tur* / V. I. Kurdyumov, E. S. Zy`kin // *Mexanizatsiya i e`lektrifikatsiya sel`skogo xozyajstva*. – 2007. – № 1. – S. 7-8. – EDN HYKLBV.

9. Трушков, А. В. Биологическая активность по-стагрогенного чернозема на ранних стадиях дему-тации / А. В. Трушков, М. Ю. Одабашян, К. Ш. Казеев // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2017. – Т. 19, № 2-2. – С. 345-348. – EDN ZFIABP.

10. Влияние условий увлажнения почв юга России на их биологические свойства / Ю. С. Козунь, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников [и др.] // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2016. – Т. 18, № 2-2. – С. 418-421. – EDN WZTWHJ.

11. Колесников, С. И. Экобиотехнология оценки эффективности рекультивации почв по биологическим показателям / С. И. Колесников, Е. Н. Ротина, К. Ш. Казеев // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2013. – Т. 15, № 3-5. – С. 1625-1628. – EDN SBYPYR.

Биологические свойства залежных черноземов Ростовской области / М. А. Прудникова, Е. В. Даденко, К. Ш. Казеев [и др.] // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2013. – № 89. – С. 985-996. – EDN TJAPXX.

12. Современный взгляд на производство картофе-ля / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, А. А. Симдянкин [и др.] // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрно-го университета*. – 2017. – № 128. – С. 146-153. – DOI 10.21515/1990-4665-128-008. – EDN WCWAQM.

13. Актуальные вопросы совершенствования карто-фелеуборочной техники / А. А. Симдянкин, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович [и др.] // *Политематиче-ский сетевой электронный научный журнал Кубан-ского государственного аграрного университета*. – 2015. – № 114. – С. 985-1000. – EDN VHFMRH.

14. Новые технические решения сепарирующих органов картофелеуборочных машин / Б. А. Нефе-дов, Н. А. Костенко, Н. В. Бышов [и др.] // *Политема-тический сетевой электронный научный журнал Ку-банского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 124. – С. 346-365. – DOI 10.21515/1990-4665-124-018. – EDN XQZNVL.

15. Морозов, В. В. Усовершенствование выпуск-ного устройства БВ-25 / В. В. Морозов, Н. М. Макси-мов // *Сельский механизатор*. – 2011. – № 6. – С. 9. – EDN OIMDOD.

16. Обоснование оптимальных параметров элек-троимпульсного устройства для очистки воды / С. Н. Борычев, И. А. Успенский, Д. Е. Каширин [и др.] // *Сельский механизатор*. – 2022. – № 3. – С. 30-31. – EDN TNQIGS.





3. Optimizaciya parametrov i rezhimov raboty` pochvoobrabaty`vayushhego katka / V. I. Kurdyumov, I. A. Sharonov, E. N. Proshkin [i dr.] // Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel`skogo xozyajstva. – 2015. – № 2. – S. 5-7. – EDN UXPZCJ.
4. Kurdyumov, V. I. Opredelenie plotnosti pochvy` posle proxoda katka-grebneobrazovatelya / V. I. Kurdyumov, E. S. Zy`kin // Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel`skogo xozyajstva. – 2007. – № 4. – S. 27-29. – EDN HZQBVT.
5. Teoreticheskie i e`ksperimental`ny`e issledovaniya pochvoobrabaty`vayushhego katka / V. I. Kurdyumov, E. N. Proshkin, I. A. Sharonov [i dr.] // Vestnik APK Stavropol`ya. – 2018. – № 4(34). – S. 12-17. – DOI 10.31279/2222-9345-2018-7-32-12-17. – EDN YXAFKP.
6. Pochvoobrabaty`vayushhij katok dlya predposevnoj podgotovki pochvy` / V. I. Kurdyumov, I. A. Sharonov, E. S. Zy`kin [i dr.] // Vestnik APK Stavropol`ya. – 2015. – № 2(18). – S. 45-48. – EDN TZZQTF.
7. Kurdyumov, V. I. Obosnovanie diametra diskovogo ry`xlitelya orudiya dlya prikaty`vaniya pochvy` / V. I. Kurdyumov, E. S. Zy`kin, V. E. Gavrilova // Vestnik Ul`yanovskoj gosudarstvennoj sel`skoxozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 2(42). – S. 13-17. – DOI 10.18286/1816-4501-2018-2-13-17. – EDN USHHOB.
8. Kurdyumov, V. I. E`nergoberegayushhie sredstva mexanizacii grebneвого vozdeley`vaniya propashny`x kul`tur / V. I. Kurdyumov, E. S. Zy`kin // Vestnik Ul`yanovskoj gosudarstvennoj sel`skoxozyajstvennoj akademii. – 2013. – № 1(21). – S. 144-149. – EDN QAUUYJ.
9. Trushkov, A. V. Biologicheskaya aktivnost` postagrogennogo chernozema na rannix stadiyax demutacii / A. V. Trushkov, M. Yu. Odabashyan, K. Sh. Kazeev // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2017. – T. 19, № 2-2. – S. 345-348. – EDN ZFIABP.
10. Vliyanie uslovij uvlazhneniya pochv yuga Rossii na ix biologicheskie svoystva / Yu. S. Kozun`, K. Sh. Kazeev, S. I. Kolesnikov [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2016. – T. 18, № 2-2. – S. 418-421. – EDN WZTWHJ.
11. Kolesnikov, S. I. E`kobotekhnologiya ocenki e`fektivnosti rekul`tivacii pochv po biologicheskim pokazatelyam / S. I. Kolesnikov, E. N. Rotina, K. Sh. Kazeev // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2013. – T. 15, № 3-5. – S. 1625-1628. – EDN SBYPYR.
12. Biologicheskie svoystva zalezny`x chernozemov Rostovskoj oblasti / M. A. Prudnikova, E. V. Dadenko, K. Sh. Kazeev [i dr.] // Politematicheskij setevoy e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 89. – S. 985-996. – EDN TJAPXX.
13. Sovremenny`j vzglyad na proizvodstvo kartofelya / N. V. By`shov, S. N. Bory`chev, A. A. Simdyankin [i dr.] // Politematicheskij setevoy e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 128. – S. 146-153. – DOI 10.21515/1990-4665-128-008. – EDN WCWAQM.
14. Aktual`ny`e voprosy` sovershenstvovaniya kartofeleuborochnoj texniki / A. A. Simdyankin, M. Yu. Kostenko, G. K. Rembalovich [i dr.] // Politematicheskij setevoy e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 114. – S. 985-1000. – EDN VHFMR.
15. Novy`e texnicheskie resheniya separiruyushhix organov kartofeleuborochny`x mashin / B. A. Nefedov, N. A. Kostenko, N. V. By`shov [i dr.] // Politematicheskij setevoy e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 124. – S. 346-365. – DOI 10.21515/1990-4665-124-018. – EDN XQZNVL.
16. Morozov, V. V. Usovershenstvovanie vy`pusknogo ustrojstva BV-25 / V. V. Morozov, N. M. Maksimov // Sel`skij mexanizator. – 2011. – № 6. – S. 9. – EDN OIMDOD.
17. Obosnovanie optimal`ny`x parametrov e`lektoimpul`sного ustrojstva dlya ochistki vody` / S. N. Bory`chev, I. A. Uspenskij, D. E. Kashirin [i dr.] // Sel`skij mexanizator. – 2022. – № 3. – S. 30-31. – EDN TNQIGS.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

#### Информация об авторах

**Каширин Дмитрий Евгеньевич**, д-р техн. наук, доцент, зав. каф. электроснабжения, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [kadm76@mail.ru](mailto:kadm76@mail.ru)

**Горшков Денис Романович**, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [gorshkov.d.r@yandex.ru](mailto:gorshkov.d.r@yandex.ru)

**Павлов Виктор Вячеславович**, канд. техн. наук, доцент каф. электроснабжения, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, [pavlov.rgatu@mail.ru](mailto:pavlov.rgatu@mail.ru)

#### Author information

**Kashirin Dmitry E.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Electrical Supply, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [kadm76@mail.ru](mailto:kadm76@mail.ru)

**Gorshkov Denis R.**, Postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [gorshkov.d.r@yandex.ru](mailto:gorshkov.d.r@yandex.ru)

**Pavlov Viktor V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Supply, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [pavlov.rgatu@mail.ru](mailto:pavlov.rgatu@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 19.12.2023; одобрена после рецензирования 14.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 19.12.2023; approved after reviewing 14.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.



Вестник РГТУ, 2024, т. 16, №1, с. 195-200  
Vestnik RGATU, 2024, Vol. 16, №1, pp 195-200

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья  
УДК 631.363.25  
DOI: 10.36508/RSATU.2024.76.37.026

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭКСТРУДИРОВАНИИ  
ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

**Александр Сергеевич Пчёлкин**<sup>1</sup>, **Георгий Константинович Рембалович**<sup>2</sup>,  
**Сергей Николаевич Борычев**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

<sup>1</sup> sasha.pchelka62@gmail.com

<sup>2</sup> rgk.rgatu@yandex.ru

<sup>3</sup> university@rgatu.ru

**Аннотация**

**Проблема и цель.** Экструдирование зерна кукурузы является важным процессом в производстве кормов для животных и пищевых продуктов для людей. В процессе экструдирования зерна кукурузы происходит высокотемпературная обработка, которая позволяет улучшить пищевую ценность продукта, увеличить срок его хранения и улучшить вкусовые качества.

**Тепловые процессы** являются одними из ключевых факторов, влияющих на качество и свойства продукта, получаемого в результате экструзии зерна кукурузы. В экструдере происходит сжатие и нагревание материала, его формование и охлаждение. Для оптимизации процесса экструзии и получения продукта с желаемыми свойствами необходимо учитывать различные факторы, связанные с тепловыми процессами в экструдере. В данной статье мы рассмотрим основные методы и модели, используемые для описания тепловых процессов в экструдере при экструдировании зерна кукурузы.

**Методология.** Для описания тепловых процессов в экструдере при экструдировании зерна кукурузы используются различные математические модели и методы измерения, которые позволяют оптимизировать процесс экструзии и получать продукты с желаемыми свойствами.

**Результаты.** Проведенные теоретические исследования позволили определить, что оптимизация процесса экструзии зерна кукурузы позволяет получить продукт с желаемыми свойствами, такими как высокая питательность, хорошие вкусовые и текстурные качества, долгий срок хранения и устойчивость к различным воздействиям.

**Заключение.** Таким образом, тепловые процессы в экструдере при экструдировании зерна кукурузы являются важными факторами, влияющими на качество и свойства продукта. Оптимизация тепловых процессов может значительно улучшить характеристики продукта и снизить затраты на производство. Оптимизация процесса экструзии зерна кукурузы позволяет получить продукт с желаемыми свойствами, такими как высокая питательность, хорошие вкусовые и текстурные качества, долгий срок хранения и устойчивость к различным воздействиям. В целом, понимание тепловых процессов в экструдере при экструдировании зерна кукурузы является важным для оптимизации производства кормов для животных и пищевых продуктов для людей.

**Ключевые слова:** кукуруза, экструдер, тепловые процессы, зерно кукурузы, оптимизация.

**Для цитирования:** Пчёлкин А.С., Рембалович Г.К., Борычев С.Н. Теоретическое исследование тепловых процессов при экструдировании зерна кукурузы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т. 16, №1. С 195-200 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.76.37.026>

Original article

## THEORETICAL STUDY OF THERMAL PROCESSES IN THE EXTRUSION OF CORN GRAIN

Alexander S. Pchelkin<sup>1</sup> Georgy K. Rembalovich<sup>2</sup>, Sergey N. Borychev<sup>3</sup>,<sup>1,2,3</sup>Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia<sup>1</sup> sasha.pchelka62@gmail.com<sup>2</sup> rgk.rgatu@yandex.ru<sup>3</sup> university@rgatu.ru**Annotation**

**Problem and purpose.** Corn grain extrusion is an important process in the production of animal feed and human food. In the process of extrusion of corn grain, high-temperature processing takes place, which allows to improve the nutritional value of the product, increase its shelf life and improve its taste qualities. Thermal processes are one of the key factors affecting the quality and properties of the product obtained as a result of extrusion of corn grain. The extruder compresses and heats the material, forms it and cools it. To optimize the extrusion process and obtain a product with the desired properties, it is necessary to take into account various factors related to thermal processes in the extruder. In this article, we will consider the main methods and models used to describe thermal processes in an extruder during the extrusion of corn grain.

**Methodology.** To describe the thermal processes in the extruder during the extrusion of corn grains, various mathematical models and measurement methods are used to optimize the extrusion process and obtain products with the desired properties.

**Results.** Theoretical studies have made it possible to determine that optimizing the process of extrusion of corn grain allows you to obtain a product with the desired properties, such as high nutritional value, good taste and texture qualities, long shelf life and resistance to various influences.

**Key words:** corn, extruder, thermal processes, corn grain, optimization.

**For citation:** Pchelkin A.S., Rembalovich G.K., Borychev S.N. A kinetic study of thermal processes during the extrusion of corn grain // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. T16, No.1. P.195-200 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.76.37.026>

**Основная часть**

При экструдировании зерна кукурузы в экструдере происходят следующие тепловые процессы: зерно кукурузы дозированно подается в экструдер, где его нагревают до температуры, достаточной для преобразования крахмала и других компонентов зерна. Во время нагрева происходит деструкция белков и углеводов. Образование высокого давления.

Расширение материала. После того, как переработанное зерно кукурузы выдавливается через формирующую головку, происходит его резкое охлаждение и расширение. Расширение материала происходит за счет выделения пара и других газов, которые были заключены в зерне кукурузы.

Это приводит к изменению структуры материала и формированию специфических свойств экструзионного продукта [9,10]. Охлаждение продукта. После выхода из экструдера продукт охлаждается, что позволяет ему сохранить полученную форму и структуру.

Для каждого из этих тепловых процессов необходимо контролировать температуру и время, чтобы достичь оптимальных результатов. Регулирование температуры, давления и других параметров процесса экструзии позволяет получать продукты с желаемыми свойствами и экономически эффективно использовать промышленное оборудование (рис.1).

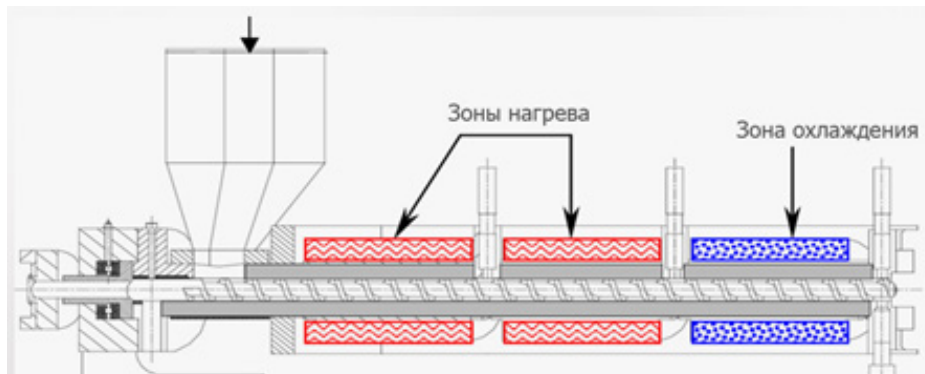


Рис. 1 – Зоны температурных изменений экструдера  
Fig. 1 – Extruder temperature zones





Конкретные детали тепловых процессов в экструдере при экструдировании зерна кукурузы могут зависеть от многих факторов, таких как тип экструдера, его конструкция, технологические параметры и свойства сырья. Однако можно рассмотреть общие принципы и особенности тепловых процессов в экструдере (рис.2).

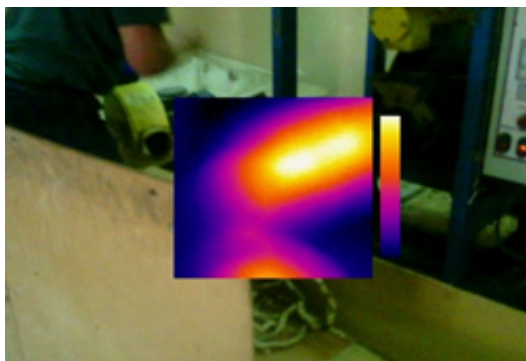


Рис. 2 – Распределение температуры в рабочей части экструдера  
Fig. 2 – Temperature distribution in the working part of the extruder

Нагревание зерна кукурузы. Для нагревания зерна кукурузы используются специальные нагревательные элементы, которые могут быть расположены в разных зонах экструдера. Обычно нагрев происходит постепенно, при этом температура в разных зонах экструдера может быть различной [1]. Например, начальная зона может иметь температуру около 60-70° С, а конечная зона – около 130-150° С.

Образование высокого давления. Для образования высокого давления используются специальные винтовые элементы, которые перемещают материал внутри экструдера. В процессе перемещения материала создаются зоны повышенного давления, которые обеспечивают его равномер-

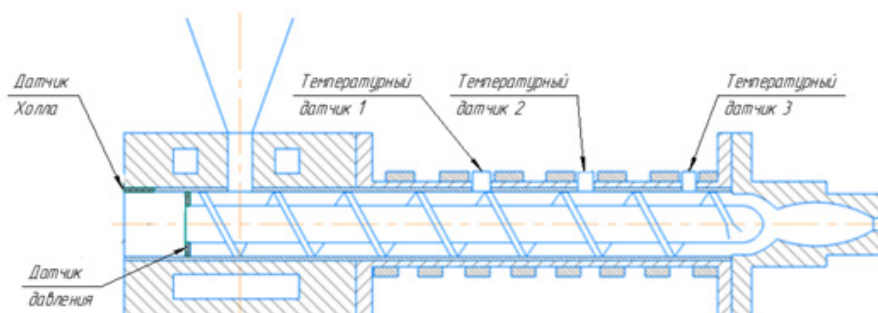


Рис.4 – Расположение датчиков в экструдере  
Fig. 4 – Location of sensors in the extruder

Конкретные формулы, применяемые для описания тепловых процессов при экструдировании зерна кукурузы, могут быть достаточно сложными и зависеть от многих факторов, таких как конструкция экструдера, его параметры, свойства сырья и т.д. Однако можно рассмотреть общие принципы и основные законы, которые описывают тепловые процессы в экструдере.

ный прогрев и прессование.

Расширение материала. После того, как материал выдавливается через формующую головку, происходит его резкое охлаждение и расширение. Это происходит из-за выделения пара и других газов, которые были заключены в зерне кукурузы [2,3]. При этом формируются специфические структуры материала, которые определяют его свойства.

Охлаждение продукта. После выхода из экструдера продукт охлаждается и застывает, что позволяет ему сохранить полученную форму и структуру. Для охлаждения продукта используются специальные системы охлаждения, например, водяные ванны (рис. 3).

Для контроля тепловых процессов в экструдере используются специальные датчики температуры и давления, которые могут быть расположены в различных зонах экструдера [5]. Также могут использоваться автоматические системы регулирования температуры и давления, которые позволяют оптимизировать процесс экструзии и получать продукты с желаемыми свойствами (рис.4).

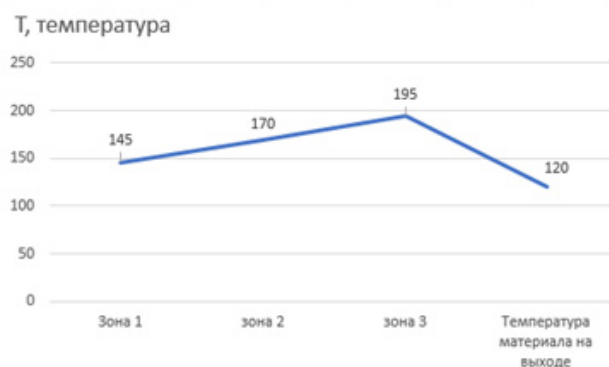


Рис. 3 – Распределение температур в экструдере  
Fig. 3 – Temperature distribution in the extruder

Термодинамический закон сохранения энергии гласит, что количество энергии в замкнутой системе (в данном случае, в экструдере) не изменяется и равно сумме энергии, поступающей в систему и энергии, выходящей из системы, а также энергии, потерянной в процессе.

Таким образом, тепловой баланс в экструдере может быть описан следующей формулой:





$$Q_{in} - Q_{out} = \Delta H + \Delta U + \Delta E \quad (1)$$

где:

$Q_{in}$  – количество тепла, поступающее в экструдер;

$Q_{out}$  – количество тепла, выходящее из экструдера;

$\Delta H$  – изменение энтальпии (суммы внутренней энергии и работы), связанное с процессом экструзии;

$\Delta U$  – изменение внутренней энергии материала, связанное с процессом экструзии;

$\Delta E$  – потери энергии, связанные с конвекцией, излучением, теплопроводностью и другими факторами.

Уравнение показывает общую картину тепловых процессов, происходящих при экструдировании. Учитываются внутренние потери энергии, связанные с теплопроводностью. Теплота, выходящая из экструдера и изменение энтальпии постоянно изменяются в зависимости от режима работы экструдера. Формула имеет обобщенный характер, тем самым для получения точных результатов необходимо использовать другие уравнения для определения энергии. Также формула не учитывает технические параметры рабочих частей экструдера.

Для контроля тепловых процессов в экструдере могут использоваться различные методы, например: измерение температуры в разных зонах экструдера, измерение давления и дебита материала, измерение потока тепла и т.д. Также могут использоваться математические модели, которые позволяют предсказать поведение материала в экструдере и оптимизировать процесс экструзии.[6]

Конкретные формулы и методы расчета для определения теплового баланса в экструдере могут различаться в зависимости от конкретных условий производства и конструкции оборудования.

Для описания тепловых процессов при экструдировании зерна кукурузы можно использовать различные математические модели, которые могут учитывать такие факторы, как теплопередача, теплообмен, тепловые потери и другое, например:

– модель распределения температуры вдоль экструдера.[4] Эта модель позволяет определить температуру материала в различных зонах экструдера и оценить эффективность теплопередачи. Для решения этой модели могут использоваться уравнения теплопроводности и законы теплообмена;

– модель теплообмена между материалом и окружающей средой. Эта модель позволяет определить количество тепла, которое передается между материалом и окружающей средой в процессе экструзии. Для решения этой модели могут использоваться уравнения теплопередачи и законы теплообмена;

– модель формирования материала. Эта модель позволяет определить изменения структуры и свойств материала в процессе экструзии, а также оценить эффективность процесса формирования. Для решения этой модели могут использоваться

различные методы, например, методы конечных элементов или методы гидродинамики.

Кроме того, для контроля тепловых процессов в экструдере могут использоваться различные методы измерения, например, термопары, инфракрасные датчики, термокамеры и др. Эти методы позволяют определять температуру в различных зонах экструдера, выявлять возможные проблемы в процессе экструзии и корректировать параметры процесса.

Таким образом, для описания тепловых процессов в экструдере при экструдировании зерна кукурузы необходимо использовать различные математические модели и методы измерения, которые позволяют оптимизировать процесс экструзии и получать продукты с желаемыми свойствами. Для описания тепловых процессов при экструдировании зерна кукурузы используем следующие формулы [7,8]:

– уравнение теплопроводности:

$$\frac{dT}{dt} = a \frac{d^2T}{dx^2} \quad (2)$$

где  $T$  – температура материала,

$t$  – время,

$x$  – расстояние вдоль экструдера,

$a$  – коэффициент теплопроводности.

– уравнение позволяет описать распределение температуры вдоль экструдера в зависимости от времени и коэффициента теплопроводности материала.

– уравнение теплообмена:

$$Q = hA(T_s - T_m) \quad (3)$$

где

$Q$  – количество тепла, передаваемого от материала к поверхности экструдера,

$h$  – коэффициент теплообмена,

$A$  – площадь поверхности экструдера,

$T_s$  – температура поверхности экструдера,

$T_m$  – температура материала.

– уравнение описывает количество тепла, передаваемого от материала к поверхности экструдера, в зависимости от коэффициента теплообмена и разности температур. Позволяет определить температуру сырья вдоль шнека экструдера. Также есть зависимость от площади рабочих частей экструдера, что позволяет при изменении конструкции определить выделяемую энергию. Условен процесс подсчета площади рабочих зон, так как шнек имеет сложную форму.

Конкретные формулы и методы расчета для определения теплового баланса в экструдере могут различаться в зависимости от конкретных условий производства и конструкции оборудования.

Уравнение Гюгоньо-Генри для описания процесса гидратации крахмала:

$$W = K_c S \left(\frac{P}{P_0}\right)^n e^{\frac{E}{RT}} \quad (4)$$

где

$W$  – массовая доля гидратированного крахмала,



$K_s$  – константа скорости реакции,  
 $S$  – площадь поверхности крахмала,  
 $P$  – давление в экструдере,  
 $P_0$  – стандартное давление,  
 $n$  – показатель степени,  
 $E$  – энергия активации,  
 $R$  – универсальная газовая постоянная,  
 $T$  – температура.

Это уравнение позволяет оценить степень гидратации крахмала, происходящей в процессе экструзии.

Данное уравнение подходит для описания процессов экструдирования кукурузы, так как есть возможность выстроить график зависимости степени гидратации. При  $n=1$ ,  $P=\text{const}$  (в зависимости от экструдера) изменяемой основной величиной является температура  $T$ . Основными ограничениями для выстраивания графика служат упрощенные уравнения линий Рэлея: (рис.5)

$$v = \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1} \quad (5)$$

где,  $v$  – скорость реакции,  
 $\gamma$  – удельная теплопроводность материала

$$p = -\frac{\gamma - 1}{\gamma + 1} \quad (6)$$

где,  $p$  – давление в экструдере при выходе материала.

При расчете необходимо учитывать, сколько крахмала содержится в сырье. Для продукта, не содержащего крахмала, уравнения неприменимы. Так как нет зависимости от размеров экструдера, то при изменении размеров агрегата использовать уравнение будет некорректно. Уравнение подходит для анализа процессов, происходящих в используемом материале

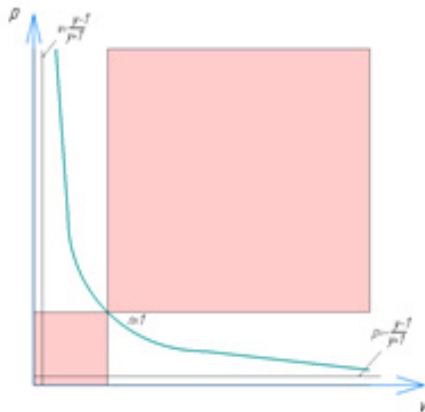


Рис.5 – Кривая Гюгоньо  
 Fig.5 – Hugoniot curve

На кривой Гюгоньо закрашенная область недоступна, поскольку в этой области линия Рэлея имеет положительный наклон.

Уравнение Баера-Баббитта для описания процесса расширения материала при выходе из экструдера:

$$\varepsilon = \left( \frac{A}{\pi R^2} \right) \left( \frac{\Delta P}{L} \right) \quad (7)$$

где:

$\varepsilon$  – коэффициент расширения материала,  
 $A$  – площадь поперечного сечения материала,  
 $R$  – радиус материала,  
 $\Delta P$  – разность давлений,  
 $L$  – длина материала.

Это уравнение позволяет оценить коэффициент расширения материала при выходе из экструдера и оптимизировать процесс экструзии. Уравнение напрямую зависит от параметров используемого экструдера, а именно: радиуса, длины, площади сечения, рабочего давления.

Конкретные формулы и методы расчета, используемые для описания процессов в экструдере, могут различаться в зависимости от конкретных условий производства и свойств материала.

### Заключение

Во время анализа выявлены недостатки и достоинства уравнений, а именно:

- 1) тепловой баланс показывает общую картину тепловых процессов, возникающих при экструдировании, но не связана с параметрами экструдера;
- 2) уравнения теплопроводности и теплообмена раскрывают более подробно тепловые процессы в экструдере. Также позволяют определить количество выделенной теплоты вдоль экструдера. Основным недостатком является сложность подсчета площади рабочих зон экструдера;
- 3) описание процесса гидратации крахмала Гюгоньо-Генри показывает, сколько сырья может переработаться, но есть ограничения. Уравнение применимо только к материалу, содержащему крахмал;
- 4) уравнение Баера-Баббитта для описания процессов расширения материала при выходе из экструдера подходит больше всего, так как процесс зависит от параметров агрегата. При изменении размеров рабочих частей экструдера меняются показатели выходящего продукта.

Для исследования процессов экструдирования подходит уравнение Баера-Баббитта, так как исследование проводится на различных экструдерах, с различными параметрами.

Тепловые процессы в экструдировании зерна кукурузы являются важными факторами, влияющими на качество и свойства продукта. Оптимизация тепловых процессов может значительно улучшить характеристики продукта и снизить затраты на производство.

### Список источников

1. Арет, В.А. Реология и физико-механические свойства материалов пищевой промышленности/В.А. Арет, С.Д. Руднев.– Санкт-Петербург, 2014.–245 с.
2. Арет, В.А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. Пособие/В.А. Арет, Л.К. Николаев, Б.Л. Николаев.–2009.–538с.
3. Белоконов, С.А. Гранулирование кормовых смесей зубчатым прессом: дис... канд. техн. наук. Зерноград, 2002.–153с.
4. Загузов, И.С. Математическое моделирование течений вязкой жидкости вблизи твердых поверхностей / И.С. Загузов, К.А. Поляков. – Самара: Самарский университет, 1999. –92с.
5. Остриков А.Н. Экструзия в пищевой технологии



/ А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.

6. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осилова, А.С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416с.

7. Пахомов В.И. Технологический регламент экструдирования смеси зерновых и зеленых кормов при внутрихозяйственном приготовлении комбикормов / В.И. Пахомов, С.В. Брагинец, А.С. Алферов, О.Н. Бахчевников, А.И. Рухляда, М.В. Чернуцкий. – Зерноград: ФГБНУ «АНЦ «Донской», 2017. – 60 с.

8. Капустин, А.С. Исследование теплообмена при перемешивании вязких жидкостей: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01/ Капустин А.С.Л. 1967.–24 с.

9. Падохин, В.А. Физико-механические свойства сырья и пищевых продуктов: Учеб.пособие/ В.А.Падохин, Н.Р.Кокина//Иван.гос.хим.-технол.ун-т.,Институт химиирастворовРАН.–Иваново,2007.–128с.

10. Василенко В.Н. Техника и технологии экструдированных комбикормов / В.Н. Василенко, А.Н. Остриков. – Воронеж: ВГТА, 2011. – 454 с.

#### *Вклад авторов:*

*Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов*

#### **References**

1. Aret, V.A. Reologiya i fiziko-mekhanicheskie svojstva materialov pishchevoj promyshlennosti/V.A. Aret, S.D. Rudnev.– Sankt-Peterburg, 2014.–245 s.

2. Aret, V.A. Fiziko-mekhanicheskie svojstva syr'ya i gotovoj produkcii. Posobie/V.A. Aret, L.K. Nikolaev, B.L. Nikolaev.–2009.–538s.

3. Belokonov, S.A. Granulirovanie kormovyh smesey zubchatym pressom: dis... kand. tekhn. nauk. Zernograd ,2002.–153s.

4. Zaguzov, I.S. Matematicheskoe modelirovanie techenij vyazkoj zhidkosti vblizi tverdyh poverhnostej / I.S. Zaguzov, K.A. Polyakov. – Samara: Samarskij universitet, 1999. –92s.

5. Ostrikov A.N. Ekstruziya v pishchevoj tekhnologii / A.N. Ostrikov, O.V. Abramov, A.S. Rudometkin. – SPb.: GIORD, 2004. – 288 s.

6. Isachenko, V.P. Teploperedacha / V.P. Isachenko, V.A. Osilova, A.S. Sukomel.– M.: Energoizdat, 1981. – 416s.

7. Pahomov V.I. Tekhnologicheskij reglament ekstrudirovaniya smesi zernovyh i zelenyh kormov pri vnutrihozyajstvennom prigotovlenii kombikormov / V.I. Pahomov, S.V. Braginec, A.S. Alferov, O.N. Bahchevnikov, A.I. Ruhlyada, M.V. CHernuckij. – Zernograd: FGBNU «ANC «Donskoj», 2017. – 60 s.

8. Kapustin, A.S. Issledovanie teploobmena pri peremeshivanii vyazkih zhidkостей: avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk: 05.20.01/ Kapustin A.S.L. 1967.–24 s.

9. Padohin, V.A. Fiziko-mekhanicheskie svojstva syr'ya i pishchevyh produktov: Ucheb.posobie/ V.A.Padohin, N.R.Kokina//Ivan.gos.him.-tekhnol.un-t., Institut himiirastvorovRAN.–Ivanovo,2007.–128s.

10. Vasilenko V.N. Tekhnika i tekhnologii ekstrudirovannyh kombikormov / V.N. Vasilenko, A.N. Ostrikov. – Voronezh: VGTA, 2011. – 454 s.

#### *Contribution of the authors:*

*All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

#### **Информация об авторах**

**Пчёлкин Александр Сергеевич**, аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, sasha.pchelka62@gmail.com

**Рембалович Георгий Константинович**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rgk.rgatu@yandex.ru

**Борычев Сергей Николаевич**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 89066486088@mail.ru

#### **Author information**

**Pchelkin A.S.**, Postgraduate student of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, sasha.pchelka62@gmail.com

**Rembalovich Georgy K.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, rgk.rgatu@yandex.ru

**Borychev Sergej N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics. «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev»

Статья поступила в редакцию 19.12.2023; одобрена после рецензирования 14.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 19.12.2023; approved after reviewing 14.02.2024; accepted for publication 11.03.2024.