

ISSN 2077-2084

10.36508/RSATU.2025.53.66.001

Том 17, №3, '2025



ВЕСТНИК

РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ
П.А. КОСТЫЧЕВА



**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 17, № 3, 2025

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
М.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 №1667
Дата выхода в свет 30.09.2025

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

Vol. 17 # 3, 2025

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:

O.N. Didmanidze, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the RAS

A.S. Dorokhov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the RAS

Ya.P. Lobachevsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the RAS

Yu.Kh. Shogenov, Doctor of Technical 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 Biological 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, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

A.I. Ryazantsev, Doctor of Technical Sciences, Full Professor

A.P. Saveliev, Doctor of Technical 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 Technical 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.

Order No 1667

Date of publication. 30.09.2025

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 katologue "Press of Russia" 82422



Содержание

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Вахонина Е.А. Биологически активные соединения прополиса, спиртовых экстрактов прополиса	5
Евсенина М.В., Виноградов Д.В. Урожайность сортов сои при применении микробиологического удобрения	14
Питюрина И.С., Виноградов Д.В. Результаты и перспективы производства картофеля с использованием отработанного грибного субстрата в условиях юга Нечерноземья	22
Прахова Т.Я., Саджая А.Г. Влияние микроудобрений на урожайные свойства и качество рапса ярового в условиях лесостепи Среднего Поволжья	32
Самусенко Л.Д., Мамаев А.В., Мурленков Н.В., Федяев Д.А. Биометрическое моделирование взаимосвязи экстерьерных показателей лошадей с их работоспособностью	39
Солодовников А.П., Максимчук В.Н, Линьков А.С., Молчанова Н.П. Сохранение агрофизических показателей темно-каштановой почвы по безотвальной обработке при освоении залежи под посев озимой пшеницы	48
Степанова Э. Н. Особенности возделывания и водопотребления свёклы столовой в условиях полусухой степной зоны Ростовской области	54
Хромова Л.Г., Байлова Н.В., Морозова Н.И. Оценка показателей лактации первотёлок голштинской породы в условиях интенсивной технологии	66

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гамов А.А., Пуляев Н.Н. Анализ процесса смешивания оставшегося топлива с биодизелем при многократной заправке дизельного трактора	75
Дегтярев Г.В., Лейер Д.В., Дегтярева О.Г. Анализ влияния влажности оползневого массива на устойчивость склона	82
Дидманидзе О.Н., Девянин С.Н., Куриленко А.В., Гузалов А.С., Пуляев Н.Н. Результаты исследования определения действительной скорости тягово-транспортного средства по видеорегистрации	90
Колесникова Т.А., Куликова М.А. Автоматизация процесса реагентной обработки жидких отходов свиного комплекса с целью получения органоминерального удобрения	97
Колотов А.С., Юмаев Д.М., Кутыраев А.А., Филюшин О.В., Ушанев А.И. К обоснованию подкапывающей части картофелеуборочных машин в РФ	105
Милько Д.А., Педченко А.П. Чебанов А.Б., Гвоздев А.В. Оценка качества работы поточных смесителей комбинированных кормов с исключением систематической ошибки	114
Михеев Д.С., Арженовский А.Г., Шемякин А.В., Костенко М.Ю., Подъяблонский А.В. Исследования влияния наклонной струи на разрушаемость загрязнений	120
Панова А.А., Юхин И.А., Рязанцев М.А., Голиков А.А. Расширение арсенала технических средств для контейнерного метода перевозки сельскохозяйственной продукции	126
Плотников С.А., Кутергин Н.Ю., Стародумов М.А., Бирюков А.Л., Малышкин П.Ю. Исследование экологических показателей трактора беларус-922 при работе на многокомпонентных биотопливах	132
Успенский И.А., Сеницин П.С., Юмаев Д.М., Мошнин А.М., Филюшин О.В. Повышение эффективности эксплуатации автомобилей на линии «Fueltruck»	138
Успенский И.А., Сеницин П.С., Юхин И.А., Мошнин А.М., Кутыраев А.А. Расчет расхода топлива КАМАЗ 54901-70014-CA	148
Хуссейн И.А., Муса А.Н., Махди А.А. Повышение эффективности сбора урожая и хранения на элеваторах с использованием бункера-перегрузчика	156



Content

AGRICULTURAL SCIENCES

Vakhonina E.A. Biologically active compounds of propolis, alcohol extracts of propolis	5
Evseenina M.V., Vinogradov D.V. Productivity of soybean varieties using microbiological fertilizer	14
Pityurina I.S., Vinogradov D.V. Results and Prospects of Potato Production Using Wasted Mushroom Substrate in the Conditions of the South of the Non-Chernozem Region	22
Prakhova T.Ya., Sadzhaya A.G. Influence of microfertilizers on crop properties and quality of spring rape in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region	32
Samusenko L.D., Mamaev A.V., Murlenkov N.V., Fedyaev D.A. Biometric modeling of the relationship between the exterior indicators of horses and their work capacity	39
Solodovnikov A.P., Maksimchuk V.N., Linkov A.S., Molchanova N.P. Preservation of agrophysical traits of dark chestnut soils after subsurface tillage during development of fall land for sowing winter wheat	48
Stepanova E.N. Features of table beet cultivation and water consumption in the semi-arid steppe zone of the Rostov region	54
Khromova L.G., Baylova N.V., Morozova N.I. Assessment of lactation parameters of Holstein heifers under conditions of intensive technology	66

TECHNICAL SCIENCES

Gamov A.A., Pulyaev N.N. Consideration of the process of mixing old fuel with biodiesel during multiple refueling of a diesel tractor	75
Degtyarev G.V., Leyer D.V., Degtyareva O.G. Analysis of the influence of landslide massif humidity on slope stability	82
Didmanidze O.N., Devyanin S.N., Kurilenko A.V., Guzalov A.S. Pulyaev N.N. Results of the study of determining the actual speed of a traction vehicle using video recording	90
Kolesnikova T.A., Kulikova M.A. Automation of the process of reagent treatment of liquid waste of a pig farm for the purpose of obtaining organomineral fertilizer	97
Kolotov A.S., Yumaev D.M., Kutyaev A.A., Filyushin O.V., Ushanev A.I. To the justification of the underground part of potato harvesting machines in the Russian Federation	105
Milko D.A., Pedchenko A.P. Chebanov A.B., Gvozdev A.V. Performance quality evaluation of the combined feeds flow mixer with the exception of a systematic error	114
Mikheev D.S., Arzhenovsky A.G., Shemyakin A.V., Kostenko M.Yu., Podyablonsky A.V. Research of the influence of an inclined jet on the destructibility of pollution	120
Panova A.A., Yukhin I.A., Ryazantsev M.A., Golikov A.A. Expansion of the arsenal of technical means for the container method of transportation of agricultural products	126
Plotnikov S.A., Kutergin N.Yu., Starodumov M.A., Biryukov A.L., Malyshkin P.Yu. Study of environmental performance of the Belarus-922 tractor when running on multi-component biofuels	132
Uspensky I.A., Sinitsyn P.S., Yumaev D.M., Moshnin A.M., Filyushin O.V. Increasing the efficiency of vehicle operation on the Fueltruck line	138
Uspensky I.A., Sinitsyn P.S., Yukhin I. A., Moshnin A.M., Kutyaev A.A. Calculation of fuel consumption KAMAZ 54901-70014-SA	148
Hussein I. A., Musa A. N., Mehdi AL-J. A. E. The use of a hopper increases the efficiency of harvesting and storage in elevators.	156



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ



Вестник РГАТУ, 2025, т.17, № 3, с. 5-13
Vestnik RGATU, 2025, Vol.17, № 3, pp. 5-13

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.178
DOI: 10.36508/RSATU.2025.33.32.002

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОПОЛИСА, СПИРТОВЫХ ЭКСТРАКТОВ ПРОПОЛИСА

Елена Александровна Вахонина

ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства», Рыбное, Россия

landych899@gmail.com

Аннотация.

Проблема и цель. Цель работы – анализ качества прополиса для получения экстрактов прополиса с достаточной биологической активностью. Оценка биоактивных свойств экстрактов прополиса, сравнение фенольных составов и антиоксидантной активности экстрактов прополиса, полученного с использованием растворителя этилового спирта разной концентрации. Сырой прополис не подходит для применения в пищевой, фармацевтической или косметической промышленности из-за высокого содержания примесей. Эффективность биоактивных компонентов прополиса увеличивается в процессе экстракции. Этанольные экстракты прополиса перспективны для разработки функциональных продуктов питания.

Методология. Из исходного прополиса получали спиртовые экстракты 5 % и 20 %, экстракцию осуществляли этиловым спиртом 50 % и 70 %. Исследование прополиса проводили по ГОСТ 28886-19; ГОСТ 28887-19 и ГОСТ Р 55312-2012. Исследование спиртовых экстрактов прополиса проводили по следующим показателям: массовая доля сухих веществ; антиокислительная активность; массовая доля флавоноидных соединений (рутин, кверцетин); массовая доля сырой золы; окисляемость.

Результаты. В проведенном исследовании установлены физико-химические показатели прополиса и спиртовых экстрактов прополиса. Качество исследуемого прополиса по содержанию механических примесей и воска высокое, соответствует требованиям стандарта. В исследованных образцах прополиса Рязанской области содержание общей группы флавоноидных соединений, определенных по ГОСТ 28886-19, составило $50,38 \pm 4,59$ %; содержание флавоноидных соединений, определенных по ГОСТ Р 55312-2012, рутина и кверцетина, составило $1,23 \pm 0,2$ % и $7,28 \pm 0,95$ % соответственно. В результате проведенных исследований спиртовых экстрактов прополиса установлено содержание в них фенольных соединений: в 5 %-м экстракте прополиса $1,5 \pm 0,06$ %, с колебанием от 1,37 до 1,77 %; в 20 %-м спиртовом экстракте прополиса – $12,06 \pm 1,67$ %, с колебанием от 2,25 до 27,05 %. Количество флавоноидных соединений уменьшилось на 13,1 % (6 мес. хранения), и на 14,88 % (12 мес. хранения) от исходного количества в 20 %-м спиртовом экстракте прополиса. Спиртовые экстракты прополиса показали высокую биологическую активность, окисляемость 20 %-го экстракта составила $1,83 \pm 0,35$ с, от 0,2 до 3,6 с, антиокислительная активность – $6,25 \pm 1,25$ мг/г. В процессе хранения количество ненасыщенных соединений (окисляемость) снизилось в 8 и 10,3 раза при хранении спиртового раствора 6 мес., и 12 мес. Окисляемость 5 %-го экстракта прополиса составила $6,5 \pm 0,43$ с, от 5,0 до 8,0 с. Антиокислительная активность 5 %-го спиртового экстракта прополиса равна $6,77 \pm 0,23$ мг/г от 6,24 до 7,83 мг/г. Установлена высокая антиоксидантная активность прополиса и его спиртовых экстрактов.

Заключение. Прополис и его спиртовые экстракты содержат большое количество флавоноидных соединений, полифенолов, играющих важную роль в питании человека, поэтому необходимо его



изучение в целях создания новых пищевых продуктов, содержащих биоактивные соединения прополиса, антиоксиданты.

Ключевые слова: прополис, спиртовые экстракты прополиса, флавоноидные соединения, антиокислительная активность

Для цитирования: Вахонина Е.А. Биологически активные соединения прополиса, спиртовых экстрактов прополиса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, № 3, С.5-13 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.33.32.002>

Original article

BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS OF PROPOLIS, ALCOHOL EXTRACTS OF PROPOLIS

Elena A. Vakhonina

Federal Beekeeping Research Centre, Rybnoye, Russia

landych899@gmail.com

Abstract.

The problem and purpose. Purpose of the work: to analyze the quality of propolis, to obtain propolis extracts with sufficient biological activity. Evaluation of bioactive properties of propolis extracts, comparison of phenolic compositions and antioxidant activity of propolis extracts obtained using ethyl alcohol solvent of different concentrations. Raw propolis is not suitable for food, pharmaceutical or cosmetic applications due to high impurity content. The effectiveness of bioactive components of propolis increases with the extraction process. Ethanol extracts of propolis have promising applications for the development of functional foods.

Methodology. Alcoholic extracts of propolis 5% and 20% were obtained from the initial propolis, extraction was carried out with ethyl alcohol 50% and 70%. Propolis was studied according to GOST 28886-19; GOST 28887-19 and GOST R 55312-2012. Propolis alcohol extracts were investigated according to the following parameters: mass fraction of dry matter, antioxidant activity, determination of the mass fraction of flavonoid compounds (rutin, quercetin), determination of the mass fraction of crude ash, oxidizability.

Results. In the conducted study the physicochemical parameters of propolis and propolis alcohol extracts were established. The quality of the studied propolis on the content of mechanical impurities and wax is high, meets the requirements of the standard. In the investigated samples of propolis of Ryazan region the content of the total group of flavonoid compounds determined according to GOST 28886-19 was $50,38 \pm 4,59$ %, the content of flavonoid compounds determined according to GOST R 55312-2012, rutin and quercetin, was $1,23 \pm 0,2$ % and $7,28 \pm 0,95$ %, respectively. As a result of studies of propolis alcohol extracts, the content of phenolic compounds in them was found in 5% propolis extract 1.5 ± 0.06 %, with a variation from 1.37 to 1.77 %; in 20% propolis alcohol extract 12.06 ± 1.67 %, with a variation from 2.25 to 27.05 %. The amount of flavonoid compounds decreased by 13.1 % (6 months of storage), and by 14.88 % (12 months of storage) from the initial amount in 20% alcoholic extract of propolis (Fig. 2). Propolis alcohol extracts showed high biological activity, the oxidizability of 20% extract was 1.83 ± 0.35 s, from 0.2 to 3.6 s, antioxidant activity 6.25 ± 1.25 mg/g (Table). During storage, the amount of unsaturated compounds (oxidizability) decreased 8 and 10.3 times when the alcoholic solution was stored for 6 months, and 12 months (Fig. 1). The oxidizability of 5% propolis extract was 6.5 ± 0.43 s, from 5.0 to 8.0 s. The antioxidant activity of 5% propolis alcohol extract was 6.77 ± 0.23 mg/g, from 6.24 to 7.83 mg/g. High antioxidant activity of propolis and propolis alcohol extracts was found to be high.

Conclusion. Propolis and its alcohol extracts contain a large number of flavonoid compounds, polyphenols, which play an important role in human nutrition, so it is necessary to study it in order to create new food products containing bioactive propolis compounds, antioxidants.

Key words: propolis, alcohol extracts of propolis, flavonoid compounds, antioxidant activity.

For citation: Vakhonina E.A. Biologically active compounds of propolis, alcohol extracts of propolis // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.3, P 5-13. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.33.32.002>

Введение

Этиловый спирт является хорошим растворителем для биологически активных соединений прополиса. Исследован спиртовой экстракт прополиса, приготовленный из прополиса центральной части Молдовы. Определено 28 соединений флавоноидной природы, основные: пиноцембрин, нарингенин, сакурнетин. Этиловый экстракт прополиса показал фунгицидные свойства и слабые антибактериальные [1].

В наших исследованиях 2021-2022 гг. предложена и апробирована методика определения антиокислительной активности прополиса, водных экстрактов прополиса [2,3].

Для приготовления экстрактов прополиса наиболее часто в качестве растворителей используют воду и этиловый спирт. Водой извлекают гидрофильные соединения, а этиловый спирт экстрагирует флавоноидные соединения, фенольные кислоты. Эти растворители считаются безопасными



с точки зрения экологии и часто используются в промышленности [4].

Для растворения прополиса исследовали различные растворы этилового спирта, приготовленные в концентрации 0, 20, 40, 50, 60, 70, 80, 90 и 99,9 % (этанол-чистая вода).

Самый высокий уровень фенольных соединений был получен с использованием системы 70 % этанола-чистой воды. Антиоксидантная сила прополиса была наиболее активна в системе растворителей 60 % этанола-чистой воды. Содержание фенолов в экстрактах прополиса, приготовленных с системами растворителей, содержащими 60 % и 70 % 80 % этанола, было выше по сравнению с другими системами растворителей.

Галловая кислота или протокатеховая кислота не были обнаружены ни в одном из методов экстракции, за исключением растворителей, содержащих 0 % и 20 % этанола. Основными идентифицированными фенольными соединениями в экстрактах прополиса являются гидроксибензойная и гидрохлоричная кислоты, флавоны, флавонолы, флаванолы, пиноцембрин, хризин, галангин, лютеолин и фенилэтиловый эфир кислоты.

Определяли оптимальное соотношение растворителя и прополиса, чтобы обеспечить максимальную эффективность и минимальные потери материала в процессе экстракции прополиса. Поэтому к фиксированному количеству образцов прополиса добавляли увеличивающийся объем 70 %-го растворителя этанола, а затем проводили экстракцию. Применялись соотношения растворителя и прополиса 1:1/1, 1:1/2, 1:1/3, 1:1/4, 1:1/5, 1:1/10, 1:1/20 и 1:1/40 (мл/г). Пятьдесят процентов эффективности определено при соотношении 1:1/5. Поэтому соотношения 1:1/5 и 1:1/10 могут быть наиболее подходящими значениями соотношения растворитель-прополис для максимальной эффективности и минимальной стоимости [5].

Исследовали ультразвуковую экстракцию прополиса. Самая высокая эффективность экстракции была обнаружена при 100 %-й амплитуде ультразвуковой обработки, 70 %-й концентрации растворителя, 58 °С и 30 мин. Концентрация этанола оказала большое влияние на экстракцию, и при увеличении концентрации этанола с 40 % до 80 % содержание сухих веществ увеличилось на 150 %, фенольных соединений – на 42,87 %, а общее содержание флавонов увеличилось на 175 %. Параметры температура и время не оказали такого же влияния на экстракцию, как амплитуда ультразвуковой обработки [6,7].

В исследовании экстрагировали прополис ультразвуковой экстракцией с использованием различных концентраций этанола (20, 50, 80 %). Самые высокие содержания фенольных соединений и общих флавоноидных соединений были зарегистрированы при 80 % с применением ультразвука, температуре 60 °С. Из экспериментальных данных следует, что извлечение активных соединений из прополиса прямо пропорциональны концентрации этанола [8].

Обсуждаются опубликованные данные, каса-

ющиеся мацерации, Сокслета, ультразвуковой и микроволновой экстракции, сверхкритической экстракции CO₂, методов высокого давления и применения различных растворителей. Что касается растворителей, смеси вода-этанол остаются одними из самых эффективных; масло и натуральные глубокие эвтектические растворители (NADES) продемонстрировали многообещающий потенциал. Из процессов экстракции ультразвуковая экстракция представляется оптимальным методом, принимая во внимание время экстракции и выход экстракции, содержание фенольных соединений, общих флавоноидных соединений, антимикробные свойства [9,10,11].

Ультразвуковая экстракция может увеличить выход фенольных и общих флавоноидных соединений и, таким образом, может значительно усилить антимикробную активность этих экстрактов прополиса [12].

Субкритическая флюидная экстракция дает высокий выход экстрактов прополиса, общих флавоноидов и восьми характерных флавоноидов по сравнению с выходом сверхкритической экстракции CO₂, особенно при использовании методов субкритической смешанной жидкостной экстракции и субкритической субсекционной экстракции. Скорость экстракции терпенов из субкритической пропановой экстракции выше, чем скорости, полученные с помощью других методов. Эти методы экстракции дают прочную теоретическую основу для эффективной экстракции прополиса [13].

Экстракты прополиса, собранные в провинции Дюжде, были приготовлены с использованием этанола, воды и ПЭГ400 – водных растворителей. Основные летучие компоненты экстракта ПЭГ400-вода; 4-винил-2-метоксифенол, бензилбензоат, метилбензилкетон и этил 3-метилнафто(1,2-с) пиррол-1-карбоксилат, основные летучие компоненты водного экстракта; бензиловый спирт и 4-винил-2-метоксифенол. Самое высокое содержание фенолов в прополисе получается путем экстракции этанолом. Степень извлечения активных фенольных и флавоноидных веществ :этанольный экстракт> ПЭГ400> водный экстракт [14].

Результаты нашего исследования показали, что NADES можно рассматривать как альтернативу этанолу для приготовления экстрактов прополиса. Среди восьми изученных NADES композиции хлорида холина и пропиленгликоля (CC:PG(1:3) и CC:PG(1:4)) оказались наиболее подходящими альтернативными экстракционными растворителями. Более полярные растворители могут извлекать более полярные соединения из прополиса. Анализ ВЭЖХ подтвердил, что химический коктейль, извлеченный этими растворителями из прополиса, был идентичен с небольшими изменениями в их концентрации по сравнению с его этанольным экстрактом. Таким образом, экстракты прополиса при 50 °С в пропиленгликоле, хлориде холина:пропиленгликоле (1:3) и хлориде холина:пропиленгликоле (1:4) могут быть альтернативами для этанольных экстрактов [15].

Высокая температура может привести к дегра-



дации полифенолов, а ультразвуковая обработка создает риск образования свободных радикалов.

Различные препараты прополиса были интегрированы в электропрядильные растворы полиэтиленгликоля, что привело к получению высококачественных волокнистых полотен. Полученные волокнистые полотна могут быть использованы в биомедицине и биозащитных системах, а материал состоит из съедобных ингредиентов, что расширяет его применение.

Различные стратегии интеграции прополиса с использованием различных добавок прополиса позволяют включить более 73 % прополиса в волокна. Сочетание прополисной воды, водно-глицеринового экстракта прополиса и этилового спиртового экстракта прополиса может еще больше увеличить содержание прополиса. Наибольшее содержание прополиса в волокнах может быть интегрировано с использованием прополисной воды (73,5 мас.%), а наибольшее содержание флавоноидов было достигнуто с использованием комбинации этилового спирта и глицериновых экстрактов ($33,13 \pm 0,41$ мг/м³) [16].

Растворители, обогащенные водородом, эффективны с точки зрения улучшения содержания фенолов и антиоксидантной активности. Экстракция водой, обогащенной водородом, была эффективна именно для улучшения общей фенольной и антиоксидантной активности; этанол, обогащенный водородом, и метанол, обогащенный водородом, показали более высокие результаты для общей флавоноидной и антиоксидантной активности. Использование обогащенных водородом растворителей, в частности, обогащенной водородом воды, является эффективным методом повышения эффективности фитохимической экстракции в прополисе [17].

Материалы и методы исследования

Исследовали нативный прополис, спиртовые экстракты прополиса. Образцы прополиса получали с пасек Рязанской области в 2023-2024 гг. Заготовленный прополис исследовали по показателям ГОСТ 28886-19; ГОСТ 28887-19. Определение групп флавоноидных соединений (рутин, кверцетин) проводили по методикам ГОСТ Р 55312-2012. Антиокислительную активность прополиса, спиртовых экстрактов прополиса 5 %, 20 % проводили по Патент России №2170930. 2001. Способ определения антиокислительной активности.

Образцы охлажденного прополиса измельчали с помощью электрической мельницы, затем просеивали с помощью сита размером 40 меш и хранили при $t=20^{\circ}\text{C}$ после измельчения. Навеску прополиса рассчитывали по формуле 1, измельченный образец прополиса добавляли к 100 мл 50 %-го этанола, настаивали без доступа света в течение 7 дней при $t=20^{\circ}\text{C}$.

$$H = \frac{5 \cdot 1000}{100 - (m.n. + e)} \quad \text{или} \quad H = \frac{20 \cdot 1000}{100 - (m.n. + e)} \quad (1)$$

где $m.n.$ – массовая доля нерастворимых веществ с механическими примесями в исходном прополисе, %;

e – массовая доля воска в исходном прополисе, %.

Затем проводили фильтрование экстракта прополиса через бумажные фильтры средней плотности, хранили в стеклянной посуде темного стекла при $t=20^{\circ}\text{C}$.

Экспериментальные данные обрабатывали в программе Microsoft Excel. Все измерения проводили в трехкратной повторности. Полученные данные проанализированы, рассчитаны средние значения и стандартное отклонение.

Результаты исследований и их обсуждение

Чистота прополиса, является хорошей и составляет в среднем 62,29 % с колебаниями по образцам от 45,34 до 74,22 % (вещества, растворимые в 960-м этиловом спирте), содержание нерастворимых веществ с механическими примесями 13,77-27,4 % (допустимо по стандарту не более 20 %), воска – 10,01-27,26 % (допустимо по стандарту не более 25 %)(табл. 1).

Скорость окисления ненасыщенных веществ составляет от 10,0 до 38,4 с, среднее значение $19,66 \pm 1,43$ с (норма не более 22,0 с) (табл.1).

Среднее значение йодного числа в прополисе определено как $74,36 \pm 2,57$ гJ₂/100г, минимальное значение 55,4 гJ₂/100г, максимальное значение 97,0 гJ₂/100г.

Увеличение количества ненасыщенных соединений, по-видимому, связано с высвобождением ненасыщенных связей от избыточного кислорода или других активных группировок. Определена антиокислительная активность прополиса. Среднее значение антиокислительной активности определено как $9,59 \pm 0,97$ мг/г, от 5,5 до 16,44 мг/г (табл. 1).

Таблица 1 – Физико-химические показатели прополиса исходного для приготовления спиртовых экстрактов, $n=16$

	Механические примеси, %	Воск, %	Окисляемость, с	Антиокислительная активность, мг/г	Йодное число, гJ ₂ /100г	Массовая доля сырой золы, %	Массовая доля минеральных примесей, %
$M \pm m$	$19,71 \pm 0,89$	$18,0 \pm 1,07$	$19,66 \pm 1,43$	$9,59 \pm 0,97$	$74,36 \pm 2,57$	$1,09 \pm 0,21$	$0,79 \pm 0,17$
Пределы колебаний	13,77-27,4	10,01-27,26	10,0-38,4	5,5-16,44	55,4-97,0	0,7-1,88	0,43-1,33



Продолжение таблицы 1

σ (сигма, стандартное отклонение) дисперсия – сигма в квадрате)	4,19	5,04	6,7	4,0	12,0	0,47	0,37
---	------	------	-----	-----	------	------	------

Среднее содержание сырой золы составило $1,09 \pm 0,21$ %, с колебанием по образцам от 0,7 % до 1,88 %. Среднее содержание минеральных примесей составило $0,79 \pm 0,017$ %, с колебанием по образцам от 0,43 % до 1,33 % (табл. 1).

Исследованные образцы прополиса содержат общие флавоноидные соединения, определенные по ГОСТ 28886, в среднем $50,38 \pm 4,59$ %, минимальное значение 14,71 %, максимальное значение 88,4 %.

Флавоноидные соединения в пересчете на кверцетин определили в количестве $7,28 \pm 0,95$ %, с колебанием по образцам от 4,92 % до 12,9 %. Определили группу флавонолов в прополисе (в пересчете на рутин), их количество в среднем $1,23 \pm 0,2$ %, минимальное количество 0,5 %; максимальное количество 3,71 % (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание флавоноидных соединений в исходном прополисе, определенных разными методами, n= 16

	Массовая доля флавоноидных и др. фенольных соединений, % по ГОСТ 28886-19	Массовая доля флавонолов (в пересчете на рутин), % по ГОСТ Р 55312-2012	Массовая доля флавоноидных соединений, в пересчете на кверцетин, % по ГОСТ Р 55312-2012
M ± m	$50,38 \pm 4,59$	$1,23 \pm 0,2$	$7,28 \pm 0,95$
Пределы колебаний	14,71-88,4	0,5-3,71	4,92-12,9
σ (сигма, стандартное отклонение) (дисперсия – сигма в квадрате)	21,5	0,8	3,01

Спиртовой экстракт прополиса 20 %.

Образцы охлажденного прополиса измельчали с помощью электрической мельницы, затем просеивали с помощью сита размером 40 меш и хранили при $t=20^\circ \text{C}$ после измельчения. Навеску прополиса рассчитывали по формуле 2, измельченный образец прополиса добавляли к 100 мл 70 %-го этанола, настаивали без доступа света в течение 7 дней при $t=20^\circ \text{C}$.

$$H = \frac{20 \cdot 1000}{100 - (m.n. + e)}, \quad (2)$$

где м.п. – массовая доля нерастворимых веществ с механическими примесями в исходном прополисе, %;

в – массовая доля воска в исходном прополисе, %.

Затем проводили фильтрование экстракта про-

полиса через бумажные фильтры средней плотности, полученный экстракт прополиса хранили в стеклянной посуде темного стекла при $t=20^\circ \text{C}$. n_D^{20} , коэффициент рефракции спиртового экстракта прополиса 20 %-й концентрации, составил от 1,3788 до 1,417, массовая доля сухих веществ в спиртовом экстракте прополиса 20 % – $16,99 \pm 1,0$ %.

Содержание флавоноидных соединений в 20 %-м спиртовом экстракте прополиса составило $12,06 \pm 1,67$ %, наименьшее 2,25 %, наибольшее 27,05 %. Антиокислительная активность 20 %-го спиртового экстракта прополиса $6,25 \pm 1,25$ мг/г, окисляемость спиртового экстракта прополиса определена $1,83 \pm 0,35$ с (табл. 3). Йодное число 20 %-го спиртового экстракта прополиса составило $22,31 \pm 2,96$ гJ₂/100г, от 16,02 до 33,1 гJ₂/100г.

Таблица 3 – Физико- химические показатели спиртового раствора прополиса 20%-го, n=16

	М.д. сухих веществ, %	Коэффициент рефракции n_D^{20}	Концентрация, %	Окисляемость, с	Антиокислительная активность, мг/г	Массовая доля флавоноидных соединений, по ГОСТ 28886, %	Йодное число, гJ ₂ /100г	Массовая доля сырой золы, %
M ± m	$16,99 \pm 1,0$	$1,39 \pm 0,002$	$20,43 \pm 1,73$	$1,83 \pm 0,35$	$6,25 \pm 1,25$	$12,06 \pm 1,67$	$22,31 \pm 2,96$	$0,19 \pm 0,01$
Пределы колебаний	9,97-22,19	1,3788-1,417	9,9-32,5	0,2-3,6	2,5-12,37	2,25-27,05	16,02-33,1	0,17-0,25



Продолжение таблицы 3

σ (сигма, стандартное отклонение)	4,02	0,01	6,95	1,41	4,14	6,58	6,62	0,03
-----------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------

Спиртовой экстракт прополиса 5 %.

Извлечение комплекса БАВ проводили методом мацерации. Навеску прополиса, рассчитанную по формуле (3), с учетом содержания механических примесей и воска. Образцы охлажденного прополиса измельчали с помощью электрической мельницы, затем просеивали с помощью сита размером 40 меш и хранили при $t=20^{\circ}\text{C}$ после измельчения. Навеску прополиса рассчитывали по формуле 2, измельченный образец прополиса, добавляли к 100 мл 70 %этанола, настаивали без доступа света в течение 7 дней при $t=20^{\circ}\text{C}$.

$$H = \frac{5 \cdot 1000}{100 - (m.p. + e)}, \quad (3)$$

где м.п. – массовая доля нерастворимых веществ с механическими

примесями в исходном прополисе, %;
в – массовая доля воска в исходном прополисе, %.

Затем проводили фильтрование экстракта прополиса через бумажные фильтры средней плотности, полученный экстракт прополиса хранили в стеклянной посуде темного стекла при $t=20^{\circ}\text{C}$.

Коэффициент рефракции спиртового экстракта прополиса 5 %-й концентрации n_{D20} составил от 1,362 до 1,365, количество сухих веществ составило $3,96 \pm 0,16$ % с колебанием по образцам от 3,54 до 4,67 %, окисляемость $6,5 \pm 0,43$ с, от 5,0 до 8,0 с, антиокислительная активность $67,76 \pm 2,31$ мг/г (табл. 4). Определили количество общих флавоноидных соединений. Спиртовой экстракт прополиса 5 %-го содержит флавоноидных соединений $1,5 \pm 0,06$ %, минимальное значение 1,37 %, максимальное значение 1,77 %.

Таблица 4 – Физико-химические показатели спиртового раствора прополиса, 5 %-ного, спирт 50°, $n=16$

	М.д. сухих веществ, % (высушивание)	коэффициент рефракции n_{D20}	Концентрация, %	Окисляемость, с	Антиокислительная активность, мг/г	Массовая доля флавоноидных соединений, по ГОСТ 28886-19, %
$M \pm m$	$3,96 \pm 0,16$	$1,36 \pm 0,0004$	$5,07 \pm 0,002$	$6,5 \pm 0,43$	$6,77 \pm 0,23$	$1,5 \pm 0,06$
Пределы колебаний	3,54-4,67	1,362-1,365	5,065-5,077	5,0-8,0	6,24-7,83	1,37-1,77
σ (сигма, стандартное отклонение) (дисперсия – сигма в квадрате)	0,39	0,0001	0,005	1,06	0,57	0,14

Изменение показателей, характеризующих комплекс БАВ в спиртовом прополисе в процессе хранения, представлены на рисунках 1,2,3.

Определили окисляемость в свежеприготовленном экстракте прополиса 20 %; окисляемость составила $0,24 \pm 0,35$ с, с колебанием от 0,05 до 0,52 с. Это показывает высокую биологическую активность спиртового экстракта прополиса. Спиртовой экстракт прополиса 20 % хранили при $t=20^{\circ}\text{C}$ в течение 6 месяцев и 1 года. При хранении 6 месяцев окисляемость спиртового экстракта составила 1,92 с, при хранении 1 год окисляемость составила 2,4 с. Количество ненасыщенных соединений (окисляемость) снизилось в 8 и 10,3 раза при хранении спиртового раствора 6 мес., и 12 мес. (рис. 1). При высокой биологической актив-

ности свежеприготовленного спиртового экстракта прополиса такое снижение показателя окисляемости не является высоким.

Содержание флавоноидных соединений в свежеприготовленном спиртовом экстракте прополиса составило 14,2 %; при хранении в течение 6 месяцев содержание флавоноидных соединений составило 12,4 %, при хранении в течение 1 года содержание флавоноидных соединений составило 12,1 %. При хранении спиртового экстракта прополиса 20 %-го в течение 6 месяцев, содержание в экстракте флавоноидных соединений снизилось на 12,7 %, и на 14,79 % при хранении в течение 1 года (рис. 2). По содержанию флавоноидных соединений спиртовой экстракт прополиса показал умеренную стабильность.

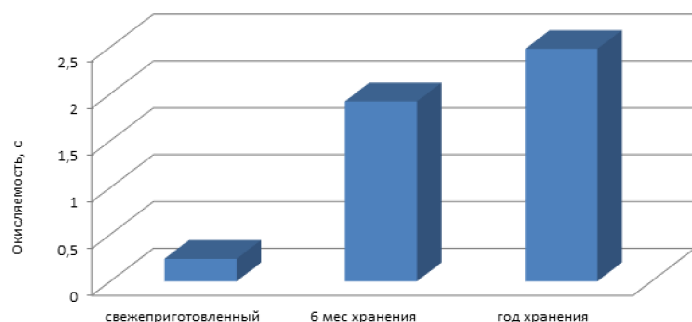


Рис. 1. – Изменение показателя окисляемости спиртового раствора прополиса 20 %-го при хранении
Fig. 1 – Change in the oxidation index of a 20% alcohol solution of propolis during storage

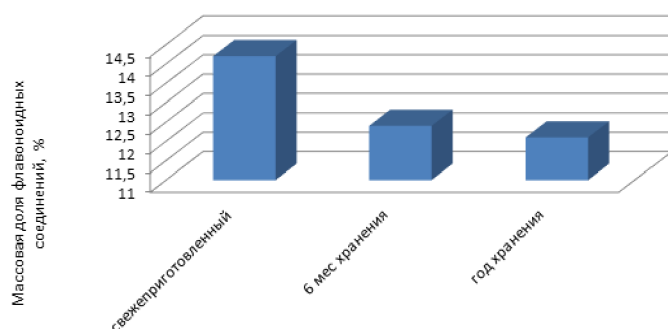


Рис. 2 – Количество флавоноидных соединений в спиртовом экстракте прополиса 20 %, в процессе хранения
Fig. 2 – The amount of flavonoid compounds in the 20% alcohol extract of propolis during storage

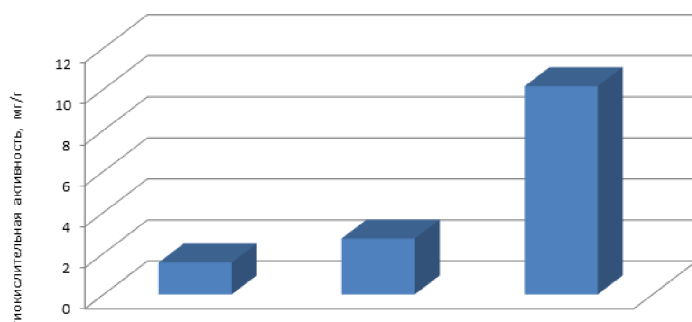


Рис. 3. Количество антиокислительных соединений в спиртовом экстракте прополиса 20 %, в процессе хранения
Fig. 3. The amount of antioxidant compounds in the 20% alcohol extract of propolis during storage

Эквивалентной оценкой биохимической активности экстрактов является определение их общей антиокислительной активности (АОА). Показателем относительной АОА служит объем экстракта в миллилитрах, израсходованного на титрование 1 мл 0,05 Н раствора перманганата калия. Чем меньше объем препарата, израсходованного на титрование, тем выше антиокислительная активность препарата.

Антиокислительная активность спиртового экстракта прополиса свежеприготовленного составила 1,55 мг/г, при хранении 6 месяцев антиокислительная активность снизилась незначительно, до 2,72 мг/г, а при хранении в течение года снижение антиокислительной активности составило до 10,14 мг/г.

Количество соединений с антиокислительной активностью в спиртовом экстракте прополиса 20 %-го снизилось в 1,75 раза и 6,54 раза соответственно при хранении в течение 6 и 12 месяцев (рис. 3).

Закключение

В исследованных образцах прополиса Рязанской области содержание общей группы фла-

воноидных соединений, определенных по ГОСТ 28886-19, составило $50,38 \pm 4,59$ %, содержание флавоноидных соединений, определенных по ГОСТ Р 55312-2012, рутин и кверцетин, составило $1,23 \pm 0,2$ % и $7,28 \pm 0,95$ % соответственно.

Прополис и его фракции содержат большое количество флавоноидных соединений, полифенолов, играющих важную роль в питании человека, поэтому необходимо их изучение в целях создания новых пищевых продуктов, содержащих антиоксиданты и другие биологически активные компоненты.

В результате проведенных исследований спиртовых экстрактов прополиса установлено содержание в них фенольных соединений: в 5 -м экстракте прополиса – $1,5 \pm 0,06$ % с колебанием от 1,37 до 1,77 %; в 20 %-м спиртовом экстракте прополиса – $12,06 \pm 1,67$ % с колебанием от 2,25 до 27,05 %. Количество флавоноидных соединений уменьшилось на 13,1 % (6 мес. хранения), и на 14,88 % (12 мес. хранения) от исходного количества в 20 %-м спиртовом экстракте прополиса (рис. 2).

Спиртовые экстракты прополиса показали



высокую биологическую активность, окисляемость 20 %-го экстракта составила $1,83 \pm 0,35$ с, от 0,2 до 3,6 с, антиокислительная активность – $6,25 \pm 1,25$ мг/г (табл.4). В процессе хранения количество ненасыщенных соединений (окисляемость) снизилось в 8 и 10,3 раза при хранении спиртового раствора в течение 6 мес. и 12 мес. Соответственно (рис. 1). Окисляемость 5 %-го экстракта прополиса составила $6,5 \pm 0,43$ с, от 5,0 до 8,0 с. Антиокислительная активность 5 % спиртового экстракта прополиса равна $6,77 \pm 0,23$ мг/г, от 6,24 до 7,83 мг/г.

Список источников

1. Еремия Н. и др. Изучение состава и антимикробной активности спиртового экстракта прополиса из центральной зоны Республики Молдова //Актуальные вопросы современного пчеловодства. – 2021. – С. 47-48. – URL: https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/219385

2. Вахонина Е. А., Будникова Н. В., Степанцева Г. К. АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПРОПОЛИСА И ЕГО ЭКСТРАКТОВ //Современные проблемы пчеловодства и апитерапии. – 2021. – С. 354-359. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46361656>

3. Вахонина Е. А., Лапынина Е. П. Антиокислительная активность прополиса, подмора пчел и их фракций //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – Рязань, 2022. – Т. 14. – №. 2. – С. 17-24. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antiokislitel'naya-aktivnost-propolisa-podmora-pchel-i-ih-fraktsiy>

4. Contieri L. S. et al. Recent progress on the recovery of bioactive compounds obtained from propolis as a natural resource: Processes, and applications //Separation and Purification Technology. – 2022. – Т. 298. – С. 121640. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586622011960>

5. Kara Y., Can Z., Kolaylı S. What should be the ideal solvent percentage and solvent-propolis ratio in the preparation of ethanolic propolis extract? // Food Analytical Methods. – 2022. – Т. 15. – №. 6. – С. 1707-1719. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-022-02244-z>

6. Oroian M., Ursachi F., Dranca F. Influence of ultrasonic amplitude, temperature, time and solvent concentration on bioactive compounds extraction from propolis //Ultrasonics Sonochemistry. – 2020. – Т. 64. – С. 105021. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417719318656>

7. Kolaylı S., Birinci C. A comparative study of solvent effect on propolis extraction by ultrasound-assisted extraction //Turkish Journal of Analytical Chemistry. – 2024. – Т. 6. – №. 1. – С. 11-17– URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjac/issue/85840/1445121>

8. Yusof N., Munaim M. S. A., Kutty R. V. The effects of different ethanol concentration on total phenolic and total flavonoid content in Malaysian propolis //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 991. – №. 1. – С. 012033. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/991/1/012033/meta>

9. Bankova V., Trusheva B., Popova M. Propolis extraction methods: A review //Journal of Apicultural Research. – 2021. – Т. 60. – №. 5. – С. 734-743. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00218839.2021.1901426>

10. Pobiega K. et al. Comparison of the antimicrobial activity of propolis extracts obtained by means of various extraction methods //Journal of food science and technology. – 2019. – Т. 56. – №. 12. – С. 5386-5395. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-019-04009-9>

11. Yıldırım H. K. Assessment of propolis treated by different extraction methods //Brazilian Archives of Biology and Technology. – 2022. – Т. 65. – С. e22210251. – URL: <https://www.scielo.br/j/babt/a/C8KwhXSvGLxxCsTVMY3ZL4z/?lang=en>

12. Ding Q. et al. Chinese Propolis: Ultrasound-assisted enhanced ethanolic extraction, volatile components analysis, antioxidant and antibacterial activity comparison //Food Science & Nutrition. – 2021. – Т. 9. – №. 1. – С. 313-330. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fsn3.1997>

13. Sun J. et al. Super/subcritical fluid extraction combined with ultrasound-assisted ethanol extraction in propolis development //Journal of Apicultural Research. – 2022. – Т. 61. – №. 2. – С. 255-263. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00218839.2020.1772529>

14. Dönmez M. et al. Comparison of chemical contents of extracts in different solvents of propolis samples produced in Düzce province //International Journal of Traditional and Complementary Medicine Research. – 2020. – Т. 1. – №. 3. – С. 137-146. – URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijtcmr/issue/58250/829029>

15. Jenny J. C., Kuš P. M., Szweda P. Investigation of antifungal and antibacterial potential of green extracts of propolis //Scientific Reports. – 2024. – Т. 14. – №. 1. – С. 13613. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-64111-7>

16. Zelca Z. et al. Propolis Integration Methods into Solutions for Highly Loaded Propolis Fibers by Needleless Electrospinning //Molecules. – 2022. – Т. 27. – №. 7. – С. 2311. – URL: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/7/2311>

17. Yurt B. Effect of hydrogen-enriched solvents on the extraction of phytochemicals in propolis // ACS omega. – 2023. – Т. 8. – №. 15. – С. 14264-14270. – URL: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsomega.3c01673>

References

1. Yeremiya N. i dr. Izucheniye sostava i antimikrobnoy aktivnosti spirtovogo ekstrakta propolisa iz tsentral'noy zony Respubliki Moldova //Aktual'nyye voprosy sovremennogo pchelovodstva. – 2021. – S. 47-48. – URL: https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/219385
2. Vakhonina Ye. A., Budnikova N. V., Stepanitseva G. K. ANTIOKISLITEL'NYYE SVOYSTVA PROPOLISA



I YEGO EKSTRAKTOV //Sovremennyye problemy pchelovodstva i apiterapii. – 2021. – S. 354-359. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46361656>

3. Vakhonina Ye. A., Lapynina Ye. P. Antiokislitel'naya aktivnost' propolisa, podmora pchel i ikh fraktsiy // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. PA Kostycheva. – Ryazan', 2022. – T. 14. – №. 2. – S. 17-24. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antiokislitel'naya-aktivnost-propolisa-podmora-pchel-i-ih-fraktsiy>

4. Contieri L. S. et al. Recent progress on the recovery of bioactive compounds obtained from propolis as a natural resource: Processes, and applications //Separation and Purification Technology. – 2022. – T. 298. – S. 121640. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586622011960>

5. Kara Y., Can Z., Kolaylı S. What should be the ideal solvent percentage and solvent-propolis ratio in the preparation of ethanolic propolis extract? //Food Analytical Methods. – 2022. – T. 15. – №. 6. – S. 1707-1719. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-022-02244-z>

6. Oroian M., Ursachi F., Dranca F. Influence of ultrasonic amplitude, temperature, time and solvent concentration on bioactive compounds extraction from propolis //Ultrasonics Sonochemistry. – 2020. – T. 64. – S. 105021. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417719318656>

7. Kolaylı S., Birinci C. A comparative study of solvent effect on propolis extraction by ultrasound-assisted extraction //Turkish Journal of Analytical Chemistry. – 2024. – T. 6. – №. 1. – S. 11-17– URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjac/issue/85840/1445121>

8. Yusof N., Munaim M. S. A., Kutty R. V. The effects of different ethanol concentration on total phenolic and total flavonoid content in Malaysian propolis //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – T. 991. – №. 1. – S. 012033. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/991/1/012033/meta>

9. Bankova V., Trusheva B., Popova M. Propolis extraction methods: A review //Journal of Apicultural Research. – 2021. – T. 60. – №. 5. – S. 734-743. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00218839.2021.1901426>

10. Pobiega K. et al. Comparison of the antimicrobial activity of propolis extracts obtained by means of various extraction methods //Journal of food science and technology. – 2019. – T. 56. – №. 12. – S. 5386-5395. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-019-04009-9>

11. Yıldırım H. K. Assessment of propolis treated by different extraction methods //Brazilian Archives of Biology and Technology. – 2022. – T. 65. – S. e22210251. – URL: <https://www.scielo.br/babt/a/C8KwhXSvGLxxCsTVMY3ZL4z/?lang=en>

12. Ding Q. et al. Chinese Propolis: Ultrasound assisted enhanced ethanolic extraction, volatile components analysis, antioxidant and antibacterial activity comparison //Food Science & Nutrition. – 2021. – T. 9. – №. 1. – S. 313-330. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fsn3.1997>

13. Sun J. et al. Super/subcritical fluid extraction combined with ultrasound-assisted ethanol extraction in propolis development //Journal of Apicultural Research. – 2022. – T. 61. – №. 2. – S. 255-263. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00218839.2020.1772529>

14. Dönmez M. et al. Comparison of chemical contents of extracts in different solvents of propolis samples produced in Duzce province //International Journal of Traditional and Complementary Medicine Research. – 2020. – T. 1. – №. 3. – S. 137-146. – URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijtcmr/issue/58250/829029>

15. Jenny J. C., Kuş P. M., Szweda P. Investigation of antifungal and antibacterial potential of green extracts of propolis //Scientific Reports. – 2024. – T. 14. – №. 1. – S. 13613. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-64111-7>

16. Zelca Z. et al. Propolis Integration Methods into Solutions for Highly Loaded Propolis Fibers by Needleless Electrospinning //Molecules. – 2022. – T. 27. – №. 7. – S. 2311. – URL: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/7/2311>

17. Yurt B. Effect of hydrogen-enriched solvents on the extraction of phytochemicals in propolis //ACS omega. – 2023. – T. 8. – №. 15. – S. 14264-14270. – URL: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsomega.3c0167>

Информация об авторах

Вахонина Елена Александровна, канд. с.-х.наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», landych899@gmail.com

Author Information

Vakhonina Elena A., Science Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FSC of Beekeeping", landych899@gmail.com

Статья поступила в редакцию 03.06.2025; одобрена после рецензирования 22.08.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 03.06.2025; approved after reviewing 22.08.2025; accepted for publication 15.09.2025.



Вестник РГАТУ, 2025, т.17, №3, с. 14-21
Vestnik RGATU, 2025, Vol.17, №3, pp.14-21

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 633.34:631.811
DOI: 10.36508/RSATU.2025.37.99.003

УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ СОИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ

Марина Владимировна Евсенина[✉], Дмитрий Валериевич Виноградов²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹ marina.vlady@mail.ru

² vdv-rz@rambler.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью исследований явилось повышение продуктивности сои в условиях Рязанской области на основе выявления наиболее эффективных сроков обработки микробиологическим удобрением Ризоформ Соя в агроценозах сортов ОАК Пруденс и Лидер 1.

Методология. Опыты проводились в 2023-2024 гг. в Рязанском районе. Почва опытных участков серая лесная суглинистая. Объекты исследований: соя сортов ОАК Пруденс, Лидер 1 и микробиологическое удобрение Ризоформ Соя. Технология возделывания сои соответствует рекомендациям для Нечерноземной зоны. Способ посева рядовой. Норма высева 0,7 млн шт./га. Предшественник – озимая пшеница. Все наблюдения, учеты и анализы проводили самостоятельно по общепринятым методикам и стандартам. Учет урожая – сноповым методом в период полной спелости зерна после приведения к 100 %-й чистоте и стандартной влажности.

Результаты. Сорт Лидер 1 был более отзывчив на применение агрохимиката, фенофазы сократились на 2, 4 и 5 дней при обработке семян за 90, 45 дней и перед посевом, соответственно. Более высокие растения относительно контроля были при обработке семян сои Ризоформ Соя непосредственно в день посева: ОАК Пруденс – 12,7 см (+19,3 %), Лидер 1 – 13,9 см (+22,6 %). Более высокое прикрепление нижнего соцветия относительно контроля было на варианте с обработкой семян микробиологическим удобрением в день посева: сорт ОАК Пруденс – 13,2 см (+5,6 %), Лидер 1 – 12,7 см (+12,4 %). Большая сохранность относительно контроля наблюдалась на варианте с обработкой семян Ризоформ Соя в день посева. Перед уборкой у сорта ОАК Пруденс насчитывалось растений 59,2 шт./м² (+12,3 %), у сорта Лидер 1 – 58,6 шт./м² (+12,9 %). Количество бобов относительно контроля было больше на растениях сои, семена которых обрабатывались микробиологическим удобрением перед посевом: у сорта ОАК Пруденс 12,4 боба (+7,8 %), у сорта Лидер 1 – 12,1 боб (+11,0 %). Количество выполненных семян в бобе выросло на 22,2 % у сорта ОАК Пруденс и на 31,3 % у сорта Лидер 1 по сравнению с контролем при обработке семян агрохимикатом перед посевом. Максимальная достоверная прибавка урожая получена в опытном варианте с обработкой семян сои микробиологическим удобрением Ризоформ Соя в день посева у сорта ОАК Пруденс – 2,2 ц/га (+12,1 %), у сорта Лидер 1 – 2,4 ц/га (+13,8 %).

Заключение. В ходе эксперимента были изучены разные сроки обработки семян препаратом Ризоформ Соя, установлено влияние на показатели урожайности сортов ОАК Пруденс и Лидер 1 в условиях Рязанского района Рязанской области.

Ключевые слова: Рязанская область, микробиологическое удобрение, соя, урожайность

Для цитирования: Евсенина М.В., Виноградов Д.В. Урожайность сортов сои при применении микробиологического удобрения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С. 14-21 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.37.99.003>



Original article

YIELD OF SOYBEAN VARIETIES USING MICROBIOLOGICAL FERTILIZER

Marina V. Evsenina[✉], Dmitry V. Vinogradov²^{1,2} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia¹ marina.vlady@mail.ru² vdv-rz@rambler.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The aim of the research was to increase the productivity of soybeans in the conditions of the Ryazan region based on identifying the most effective terms of treatment with the microbiological fertilizer Rizoform Soya in agrocenoses of the OAK Prudence and Leader 1 varieties.

Methodology. The experiments were conducted in 2023-2024 in the Ryazan region. The soil of the experimental plots is gray forest loamy. Objects of research: soybean varieties OAK Prudence, Leader 1 and microbiological fertilizer Rizoform Soya. The technology of soybean cultivation corresponds to the recommendations for the Non-Chernozem zone. The sowing method is row. The seeding rate is 0.7 million pcs./ha. The predecessor is winter wheat. All observations, records and analyzes were carried out independently according to generally accepted methods and standards. The yield is recorded by the sheaf method during the period of full grain maturity after bringing to 100% purity and standard humidity.

Results. The Lider 1 variety was more responsive to the use of agrochemicals, the phenophases were reduced by 2, 4 and 5 days when treating the seeds 90, 45 days and before sowing, respectively. Taller plants relative to the control were obtained when soybean seeds were treated with Rizoform Soya directly on the day of sowing: OAK Prudence - 12.7 cm (+ 19.3%), Lider 1 - 13.9 cm (+ 22.6%). Higher attachment of the lower inflorescence relative to the control was observed in the variant with seed treatment with microbiological fertilizer on the day of sowing: OAK Prudence - 13.2 cm (+ 5.6%), Lider 1 - 12.7 cm (+ 12.4%). Greater survival relative to the control was observed in the variant with seed treatment with Rizoform Soya on the day of sowing. Before harvesting, the OAK Prudence variety had 59.2 plants/m² (+12.3%), while the Lider 1 variety had 58.6 plants/m² (+12.9%). The number of beans relative to the control was higher on soybean plants whose seeds were treated with microbiological fertilizer before sowing: the OAK Prudence variety had 12.4 beans (+7.8%), while the Lider 1 variety had 12.1 beans (+11.0%). The number of filled seeds in a pod increased by 22.2% for the OAK Prudence variety and by 31.3% for the Lider 1 variety compared to the control when seeds were treated with an agrochemical before sowing. The maximum reliable increase in yield was obtained in the experimental variant with the treatment of soybean seeds with the microbiological fertilizer Rizoform Soya on the day of sowing for the OAK Prudence variety - 2.2 c/ha (+12.1%), for the Lider 1 variety - 2.4 c/ha (+13.8%).

Conclusion. During the experiment, different periods of seed treatment with the Rizoform Soya preparation were studied, and the effect on the yield indicators of the OAK Prudence and Lider 1 varieties was established in the conditions of the Ryazan district of the Ryazan region.

Keywords: Ryazan region, microbiological fertilizer, soybeans, yield

For citation: Evsenina M.V., Vinogradov D.V. Productivity of soybean varieties using microbiological fertilizer // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025. Vol. 17, No. 3, P. 14-21. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.37.99.003>

Введение

В настоящее время необходимо расширять биологизацию сельскохозяйственного производства. Это обусловлено устойчивым обеспечением потребностей населения в продуктах питания, продовольственной безопасности страны при одновременном снижении неблагоприятного воздействия на окружающую среду [2, 14].

Применение методов биологизации способно положительно повлиять на уровень почвенного плодородия и повысить качество выпускаемой продукции, повышая устойчивость растений к неблагоприятным факторам и обеспечивая защиту от насекомых-вредителей и болезней [9]. Особенно актуальна биологизация производства сои из-за ее большого значения в обеспечении потребности населения в белке [11, 15]. Выращивание сои высококоррентабельно, что делает возможным внедрение инноваций. Биологические приемы

повышают урожайность сои и ее качество, делая производство более экологически устойчивым и безопасным [4, 17].

Лидерами мирового производства сои являются США и Бразилия, а основной потребитель и импортер – Китай. Россия, наряду с Аргентиной и Индией, входит в десятку крупнейших производителей сои. В последние годы наблюдается увеличение посевных площадей сои в мире. Наибольший рост отмечен в Северной и Южной Америке, России [12].

В нашей стране производство сои демонстрирует устойчивый рост, связанный с высокой маржинальностью культуры и ее востребованностью на рынке сырья, кормового производства и пищевой промышленности [3, 16].

В России посевные площади сои в 2024 году выросли на 7,3 % по сравнению с предыдущим годом и составили 4,3 млн га. Наибольший при-



рост посевных площадей отмечен в Центральном федеральном округе. Посевы увеличились на 30,2 %, достигнув 2,01 млн га [7]. На Дальнем Востоке посевные площади составили 1,22 млн га. В топ-10 регионов по посевным площадям в 2024 году вошли Амурская, Курская, Белгородская, Воронежская, Тамбовская области и другие [8].

Средняя урожайность сои в России в 2024 году выросла до 20 ц/га. Наиболее высокая урожайность зафиксирована в регионах Центрального федерального округа. К регионам с высокой урожайностью относятся Белгородская (28 ц/га), Курская (28,7 ц/га) и Липецкая (27,4 ц/га) области [1].

По прогнозам в 2025-2026 гг. урожай может стать рекордным, достигнув около 8,4 млн тонн [5, 10]. Урожайность сои ограничивают климатические условия, болезни, вредители и несоответствие почвы требованиям культуры. Повышение урожайности происходит за счет внедрения в производство устойчивых сортов и гибридов [13, 18].

В 2024 году валовой сбор сои в России составил 7 млн тонн, что на 3,1 % больше, чем в предыдущем году. Рост обусловлен увеличением посевных площадей.

Совершенствование технологии возделывания сои направлено на подбор районированных высокоурожайных и устойчивых сортов, соблюдение севооборота, оптимизацию сроков и способов посева, а также применение эффективных приемов по защите растений и уходу за посевами. Современные требования экологизации вызывают необходимость модернизации производства на основе научных достижений [6].

Целью проведения исследований являлось повышение продуктивности сои в условиях Рязанской области на основе выявления наиболее эффективных сроков обработки микробиологическим удобрением Ризоформ Соя в агроценозах сортов ОАК Пруденс и Лидер 1.

Задачи исследований: выявить реакцию (рост, развитие, продуктивность) растений сои при различных сроках обработки микробиологическим

удобрением Ризоформ Соя семенного материала; провести оценку сои сортов ОАК Пруденс и Лидер 1 без обработки и на вариантах с различными сроками обработки семенного материала микробиологическим удобрением Ризоформ Соя.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленных задач были проведены полевые опыты в четырехкратном повторении в 2023-2024 гг. в Рязанском районе.

Объектом исследований являлась соя сортов ОАК Пруденс и Лидер 1. В опыте было применено и изучено действие микробиологического удобрения Ризоформ Соя.

Агрохимикат Ризоформ Соя содержит микроорганизмы *Bradyrhizobium japonicum* 109-1010 КОЕ/мл. Регистрантом микробиологического удобрения Ризоформ Соя является АО «Щелково Агрохим» (Россия), изготовителем – ООО «Лаборатории АРБО» (Аргентина). Входящие в состав удобрения бактерии *Bradyrhizobium japonicum* относятся к одним из самых эффективных штаммов симбиотических азотфиксирующих бактерий. Их применение в технологии возделывания сои способствует активизации образования клубеньков на корневой системе сои. Микробиологическое удобрение применялось совместно с прилипателем Статик.

Применение микробиологического удобрения для обработки семян возможно в день посева и заблаговременно (за 30-90 дней до посева). Рекомендуется внесение рабочего раствора удобрения в борозду при посеве одновременно с семенами.

Протравливание семян для защиты от вредителей и болезней химическими протравителями проводилось до внесения микробиологического удобрения.

Опыты были заложены в соответствии с методическими указаниями Доспехова Б.А. (1985) на опытных делянках площадью 100 м².

Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема проведения исследований

Препарат, норма внесения	Сроки обработки	Сорта сои
Контроль. Фон NPK	-	ОАК Пруденс
		Лидер 1
Фон NPK + Ризоформ Соя с нормой расхода 3,0 л/т (Ризоформ Соя 1,5 л/т + Статик 1,5 л/т)	за 90 дней до посева	ОАК Пруденс
		Лидер 1
	за 45 дней до посева	ОАК Пруденс
		Лидер 1
	в день посева	ОАК Пруденс
		Лидер 1

Расход рабочего раствора – 10 л/т. Семена обрабатывали с помощью ранцевого опрыскивателя в день приготовления рабочего раствора.

Анализ почвы исследуемого опытного участка был осуществлен в лабораториях «Станция агрохимической службы «Ря-

занская» и ФГБОУ ВО РГАТУ (табл. 2).

Исследования проводились по общепринятым методикам: фосфор и калий – по Кирсанову.

Содержание гумуса – по Тюрину, кислотность – по Каппену.



Таблица 2 – Характеристика почвы опытного участка

Глубина, см	Гумус, %	рН солевой вытяжки	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв. на 100 г почвы	мг на 100 г почвы		
0-20	3,97	5,39	1,81	17,9	16,1	12,9
20-40	3,05	5,19	1,62	16,8	15,6	12,4

Содержание гумуса колебалось от 3,05 до 3,97 %. РН – 5,19-5,39, гидролитическая кислотность – 1,81-1,62 мл-экв./100 г почвы. Метеорологические условия вегетационного периода

года 2023 и 2024 годов характеризовались существенными колебаниями температуры. Осадки выпадали неравномерно в форме ливневых дождей с грозами.

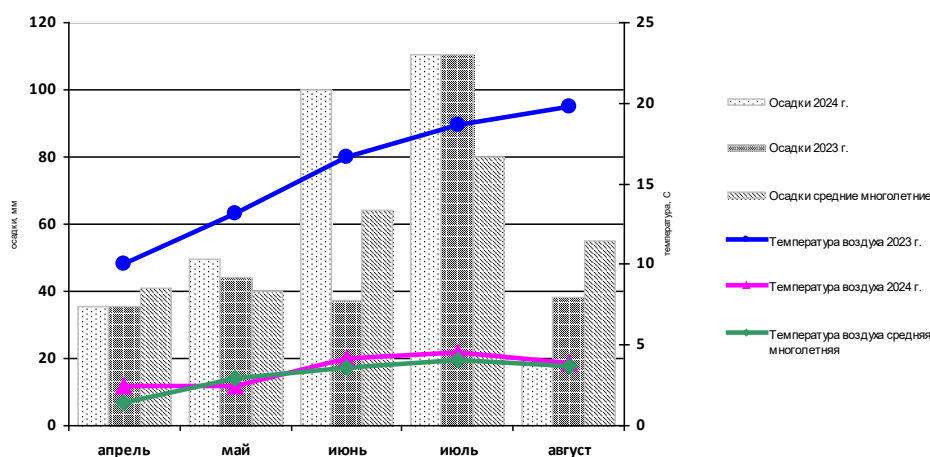


Рис. 1 – Метеорологические условия вегетационного периода (2023-2024 гг.)
Fig. 1 – Meteorological conditions of the growing season (2023-2024)

Агротехнические сроки были выбраны в соответствии с зональными рекомендациями.

Предшественником в опыте была озимая пшеница. Обработка почвы – зяблевая вспашка осенью после уборки предшественника, плугом Peresvet ППО-7-35 Алмаз + К-744Р на глубину 20-22 см; весной – боронование ЗБЗСС-1,0 + МТЗ 1221.3, в два следа, с последующей культивацией КПС-5,2 + МТЗ-1221.3 на глубину 12-14 см. Через 1,5-2 недели внесение удобрений в дозе N₇₀P₄₅K₄₅ (РУН-1 + МТЗ-1221.3) с последующей предпосевной культивацией на глубину 2-4 см, в агрегате КПП-8П-12.8 + МТЗ-1221.3.

Посев проводили в первую декаду мая. Способ посева – рядовой, сеялкой D9 6000-ТС «Combi» + МТЗ-1221.3. Норма высева 0,7 млн шт. всхожих семян/га, заделка семян на глубину 4-5 см. Прикатывание посева ЗКШ-6 + МТЗ-82.1.

Посевы по вегетации обрабатывали гербицидной смесью, включающей Наношанс, ВР (2,0 л/га) и Галошанс, КЭ (0,5 л/га). Против болезней применяли комплексный препарат Пропишанс Универсал, КМЭ 0,5 л/га. Также применяли инсектицид Имидашанс Плюс, СК, 0,15 л/га. Обработку проводили баковой смесью. Расход рабочей жидкости 200 л/га.

Уборку проводили в первую декаду сентября прямым комбайнированием комбайном Сампо SR-2010 и вручную.

Все наблюдения, учеты и анализы проводили

самостоятельно по общепринятым методикам и стандартам в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1989; с Руководством по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве: производственно-практическое издание (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» М., 2018).

Результаты исследований и их обсуждение

Инокуляция семян микробиологическим препаратом Ризоформ Соя оказала влияние на прохождения растениями сои фенологических фаз, сократив межфазовые периоды на 3-5 дней по сравнению с контролем. Сорт Лидер 1 был более отзывчив на применение агрохимиката, фенофазы сократились на 4-5 дней. Больше всего период вегетации сократился при обработке агрохимикатом Ризоформ Соя семян сои сорта Лидер 1 в день посева со 115 дней на контроле до 110 дней на опытном варианте.

Обработка семян микробиологическим удобрением Ризоформ Соя оказала стимулирующее влияние на ростовые процессы (рис. 2).

Растения опытных вариантов были выше контроля у сорта ОАК Пруденс на 7,5-12,7 см (11,4-19,3 %), у сорта Лидер 1 на 8,1-13,9 см (13,2-22,6 %). При этом более высокие растения относительно контроля были при обработке семян сои Ризоформ Соя непосредственно в день посева: ОАК Пруденс – 12,7 см (+19,3 %), Лидер 1 – 13,9 см (+22,6 %).



Соцветия у растений контрольного варианта были прикреплены на высоте 12,5 см у сорта ОАК Пруденс и 11,3 у сорта Лидер 1. В опытных вариантах данный показатель не имел существенных различий с контролем. У растений сорта ОАК Пруденс он составил 12,8-13,2 см у сорта Лидер 1 – 11,9-12,7. Более высокое прикрепление нижнего соцветия относительно контроля было на варианте с обработкой семян микробиологическим

удобрением в день посева: сорт ОАК Пруденс – 13,2 см (+5,6 %), Лидер 1 – 12,7 см (+12,4 %).

Микробиологическое удобрение способствовало развитию клубеньков, усиливая азотное питание растений за счет использования атмосферного азота. В результате эффективнее формировалась вегетативная масса и генеративные органы (табл. 3).

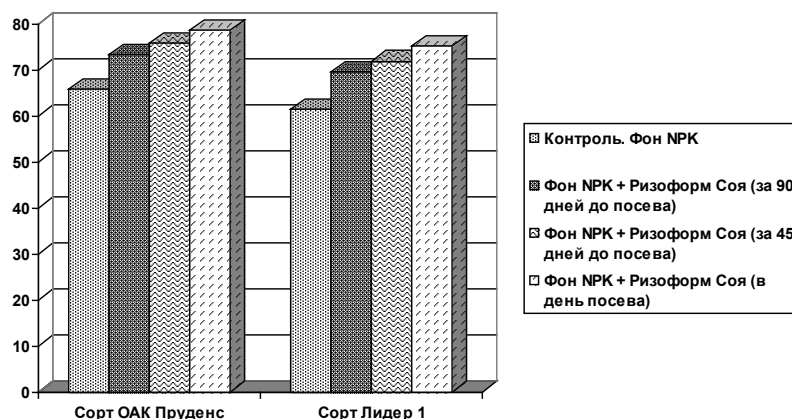


Рис. 2 – Высота растений сортов сои по вариантам опыта, см (2023-2024 гг.)
Fig. 2 – Height of soybean plants by experimental variants, cm (2023-2024)

Элементы структуры урожая сои зависели от применения микробиологического удобрения и даты предпосевной обработки семян. Сохранность растений улучшилась. К моменту уборки на 1 м² в контрольном варианте насчитывалось 52,7 растений у сорта ОАК Пруденс и 51,9 растение у сорта Лидер 1. В опытных вариантах данный показатель вырос на 7,0-12,9 %. Большая сохранность относительно контроля наблюдалась на варианте с обработкой семян Ризоформ Соя в день посева: у сорта ОАК Пруденс 59,2 шт./м² (+12,3 %), у сорта Лидер 1 58,6 шт./м² (+12,9 %).

В контрольном варианте на растении сои было в среднем 11,5 штук бобов у сорта ОАК Пруденс и 10,9 штук у сорта Лидер 1. При использовании агрохимиката Ризоформ Соя их количество составило от 11,8 до 12,4 штук на растение у сорта ОАК Пруденс и от 11,2 до 12,1 штук у сорта Лидер 1. В среднем большее количество бобов относительно контроля было на растениях сои, семена которых обрабатывались микробиологическим удобрением перед посевом: у сорта ОАК Пруденс 12,4 боба (+7,8 %), у сорта Лидер 1 – 12,1 боб (+11,0 %).

Таблица 3 – Влияние агрохимиката Ризоформ Соя на структуру урожая сортов сои (2023-2024 гг.)

Вариант внесения удобрений	Сорт сои	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Количество бобов на растении, шт.	Количество семян в бобе, шт.		Масса 1000 семян, г
				всего	выполненных	
Контроль. Фон NPK	ОАК Пруденс	52,7	11,5	2	1,8	128,1
	Лидер 1	51,9	10,9	1,9	1,6	119,8
Фон NPK + Ризоформ Соя (за 90 дней до посева)	ОАК Пруденс	56,4	11,8	2,2	1,9	128,5
	Лидер 1	55,8	11,2	2,1	1,7	120,3
Фон NPK + Ризоформ Соя (за 45 дней до посева)	ОАК Пруденс	57,9	12,2	2,3	2,1	129,0
	Лидер 1	57,2	11,8	2,4	1,9	120,9
Фон NPK + Ризоформ Соя (в день посева)	ОАК Пруденс	59,2	12,4	2,4	2,2	129,4
	Лидер 1	58,6	12,1	2,4	2,1	121,5
НСР ₀₅ , ц/га (среднее за два года)		9,60	1,21	0,24	0,40	2,70



Количество семян в бобах не имело существенных различий по вариантам опыта. Общее количество семян в бобе было стабильным и составило у сорта ОАК Пруденс 2,0-2,4 штук и у сорта Лидер 1 1,9-2,4 штук, число выполненных семян находилось на уровне 1,8-2,2 штук и 1,6-2,1 штук соответственно.

Положительное влияние агрохимиката Ризоформ Соя было отмечено за счет увеличения количества выполненных семян в бобе. Данный показатель вырос на 22,2 % у сорта ОАК Пруденс и

на 31,3 % у сорта Лидер 1 по сравнению с контролем при обработке семян агрохимикатом перед посевом.

Анализ массы 1000 семян показал, что при использовании микробиологического удобрения Ризоформ Соя данный показатель увеличивался незначительно в среднем на 0,3-1,4 % по вариантам опыта.

Урожайность сои по вариантам опыта представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние агрохимиката Ризоформ Соя на урожайность зерна сортов сои (2023-2024 гг.)

Вариант внесения удобрений	Сорт сои	Средний урожай, ц/га	Прибавка к контролю	
			ц/га	%
	Лидер 1	17,4	-	-
Фон NPK + Ризоформ Соя (за 90 дней до посева)	ОАК Пруденс	19,5	1,3	7,1
	Лидер 1	18,9	1,5	8,6
Фон NPK + Ризоформ Соя (за 45 дней до посева)	ОАК Пруденс	19,9	1,7	9,3
	Лидер 1	19,3	1,9	10,9
Фон NPK + Ризоформ Соя (в день посева)	ОАК Пруденс	20,4	2,2	12,1
	Лидер 1	19,8	2,4	13,8
НСР ₀₅ , ц/га (среднее за два года): фактор А – 1,13; фактор В – 1,22; факторы АВ – 1,29				

В контрольном варианте урожайность сои составила 18,2 ц/га у сорта ОАК Пруденс и 17,4 ц/га у сорта Лидер 1. В опытных вариантах при использовании микробиологического удобрения Ризоформ Соя урожайность варьировала от 19,5 до 20,4 ц/га у сорта ОАК Пруденс и от 18,9 до 19,8 ц/га у сорта Лидер 1. Прибавка урожайности сои при обработке семян изучаемым агрохимикатом за 90 дней до посева, за 45 дней до посева и в день посева составила по сорту ОАК Пруденс 1,3 ц/га (+7,1 %), 1,7 ц/га (+9,3 %) и 2,2 ц/га (+12,1 %) соответственно, а по сорту Лидер 1 – 1,5 ц/га (8,6 %), 1,9 ц/га (10,9 %) и 2,4 ц/га (+13,8 %) соответственно.

Максимальная достоверная прибавка урожая получена в опытном варианте с обработкой семян сои микробиологическим удобрением Ризоформ Соя в день посева у сорта ОАК Пруденс – 2,2 ц/га (+12,1 %), у сорта Лидер 1 – 2,4 ц/га (+13,8 %).

Закключение

При проведении обработки семян микробиологическим удобрением наблюдалась прибавка урожайности сои сорта ОАК Пруденс на 7,1-12,1 %, сорта Лидер 1 – на 8,6-13,8 % по сравнению с контролем. Максимальная достоверная прибавка урожая получена в опытном варианте с обработкой семян сои микробиологическим удобрением Ризоформ Соя в день посева у сорта ОАК Пруденс – 2,2 ц/га (+12,1 %), у сорта Лидер 1 – 2,4 ц/га (+13,8 %). По результатам исследований, проведенных в 2023-2024 гг. в условиях Рязанского района Рязанской области рекомендуется возделывать сою сортов ОАК Пруденс и Лидер 1 с использованием микроудобрения Ризоформ Соя с нормой расхода 3,0 л/т (Ризоформ Соя 1,5 л/т +

Статик 1,5 л/т) и обработкой семенного материала в день посева.

Список источников

- Бегун, С.А. Совместное использование штаммов ризобий и некоторых препаратов для предпосевной обработки семян сои / С.А. Бегун, М.В. Якименко // Сельское хозяйство. - 2016. - № 6. - С. 26-27.
- Васильчиков, А.Г. Сравнительная оценка размеров симбиотической азотфиксации зернобобовых культур / А.Г. Васильчиков // Земледелие. - 2014. - № 4. - С. 8-11.
- Васин, В.Г. Влияние биостимуляторов на показатели фотосинтетической деятельности и продуктивности гороха / В.Г.Васин, О.В.Вершинина, О.Н.Лысак // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2015. - №2. - С. 3.
- Виноградов, Д.В. Использование регуляторов роста в производстве гороха / Д.В. Виноградов, М.В. Евсенина // Серия конференций ИОП: Науки о Земле и окружающей среде: Ставрополь. - 2022. - С. 1-9.
- Влияние различных доз микробиологического удобрения на продуктивность гороха / М.В. Евсенина, Е.А. Плевко, Д.В. Виноградов, Г.Д. Гогмачадзе, П.Н. Балабко, Е.И. Лупова // АгроЭкоИнфо. - 2022. - № 5(53). DOI 10.51419/202125530.
- Гладышева, О. В. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество сои в Нечерноземье / О. В. Гладышева, В. А. Свирина, В. Г. Черногаев // Плодородие. – 2024. – № 4(139). – С. 74-78. – DOI 10.25680/S19948603.2024.139.17.
- Гладышева, О. В. Длительное воздействие минеральных удобрений на питательный режим почвы и урожайность сои / О. В. Гладыше-



ва, В. А. Свирина, В. Г. Черногаев // Плодородие. – 2022. – № 6(129). – С. 70-72. – DOI 10.25680/S19948603.2022.129.18.

8. Гладышева, О. В. Земледелие XXI столетия: экологоэкономическое состояние, проблемы и пути решения (на примере Рязанской области) / О. В. Гладышева, С. Я. Полянский // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2014. – № 1(21). – С. 26-30.

9. Гладышева, О. В. Инновационные приоритеты развития кормопроизводства в условиях нечерноземной зоны / О. В. Гладышева, Е. Ю. Ушакова, Е. В. Гуреева // Владимирский земледелец. – 2015. – № 1(71). – С. 17-19.

10. Евсенина, М.В. Эффективность применения регулятора роста в технологии производства гороха и сои / М.В. Евсенина, Д.В. Виноградов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 9-15.

11. Евсенина, М. В. Урожайность сортов гороха при использовании инокулянта в условиях юга Нечерноземья / М. В. Евсенина, Д. В. Виноградов, Е. И. Лупова // Молочнохозяйственный вестник. – 2023. – № 4(52). – С. 54-66.

12. Евсенина, М. В. Эффективность применения микроудобрений на посевах гороха / М.В. Евсенина, Д.В. Виноградов // Известия Дагестанского ГАУ. – 2022. – № 4(16). – С. 55-61.

13. Ерохин, А.И. Предпосевная обработка семян гороха биопрепаратом Рибав-Экстра / А.И. Ерохин, З.Р. Цуканова // Сельское хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 47-48.

14. Лебедев, Д.В. Особенности питания растений и жизнедеятельности микроорганизмов в

почве / Д.В. Лебедев, М.В. Евсенина // Сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. Рязань. – 2021. – С. 189-194.

15. Лупова, Е.И. Научно-практическое обоснование повышения продуктивности масличных капустных культур в комплексе агротехнологических факторов в условиях нечерноземной зоны: специальность 06.01.01 «Общее земледелие, растениеводство»: дис. ... д. с.-х. н. / Е.И. Лупова: РГАТУ. – Рязань, 2022. – 392 с.

16. Пестряков, А. М. Способы и приёмы, способствующие повышению эффективности ресурсосбережения в агротехнологиях / А. М. Пестряков, О. В. Гладышева // Почвозащитное земледелие в России : Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Курск, 15–17 сентября 2015 года / Редколлегия: Черкасов Г.Н., Масютенко Н.П., Ответственные за выпуск: Дегтева М.Ю., Вавин В.Г., Рязанцева Н.В.. – Курск: ООО "Кувекс+", 2015. – С. 22-27.

17. Солодягина, А.В. Урожайность семян сои при широкорядном посеве в зависимости от плотности агрофитоценоза / А.В. Солодягина, Д.В. Виноградов, Е.В. Гуреева // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 78-84.

18. Vinogradov D.V., Evsenina M.V. Using growth regulators in production of peas // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol. – 2022. – P. 012029. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012029.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Begun, S.A. Sovmestnoye ispol'zovaniye shtammov rizobiy i nekotorykh preparatov dlya predposevnoy obrabotki semyan soi / S.A. Begun, M.V. Yakimenko // Sel'skoye khozyaystvo. – 2016. – № 6. – С. 26-27.
2. Vasil'chikov, A.G. Sravnitel'naya otsenka razmerov simbioticheskoy azotfiktsatsii zernobobovykh kul'tur / A.G. Vasil'chikov // Zemledeliye. – 2014. – № 4. – С. 8-11.
3. Vasin, V.G. Vliyaniye biostimulyatorov na pokazateli fotosinteticheskoy deyatel'-nosti i produktivnosti gorokha / V.G. Vasin, O.V. Vershinina, O.N. Lysak // Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury. – 2015. – №2. – С. 3.
4. Vinogradov, D.V. Ispol'zovaniye regul'yatorov rosta v proizvodstve gorokha / D.V. Vinogradov, M.V. Yevsenina // Seriya konferentsiy IOP: Nauki o Zemle i okruzhayushchey srede: Stavropol'. – 2022. – С. 1-9.
5. Vliyaniye razlichnykh doz mikrobiologicheskogo udobreniya na produktivnost' gorokha / M.V. Yevsenina, Ye.A. Plevko, D.V. Vinogradov, G.D. Gogmachadze, P.N. Balabko, Ye.I. Lupova // AgroEkoInfo. – 2022. – № 5(53). DOI 10.51419/202125530.
6. Gladysheva, O. V. Vliyaniye biopreparatov na produktivnost' i kachestvo soi v Nechernozem'ye / O. V. Gladysheva, V. A. Svirina, V. G. Chernogayev // Plodorodiye. – 2024. – № 4(139). – С. 74-78. – DOI 10.25680/S19948603.2024.139.17.
7. Gladysheva, O. V. Dlitel'noye vozdeystviye mineral'nykh udobreniy na pitatel'nyy rezhim pochvy i urozhaynost' soi / O. V. Gladysheva, V. A. Svirina, V. G. Chernogayev // Plodorodiye. – 2022. – № 6(129). – С. 70-72. – DOI 10.25680/S19948603.2022.129.18.
8. Gladysheva, O. V. Zemledeliye KHKHI stoletiya: ekologoekonomicheskoye sostoyaniye, problemy i puti resheniya (na primere Ryazanskoy oblasti) / O. V. Gladysheva, S. YA. Polyanskiy // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2014. – № 1(21). – С. 26-30.
9. Gladysheva, O. V. Innovatsionnyye prioritety razvitiya kormoproizvodstva v usloviyakh nechernozemnoy zony / O. V. Gladysheva, Ye. YU. Ushakova, Ye. V. Gureyeva // Vladimirskiy zemledelets. – 2015. – № 1(71). – С. 17-19.



10. Yevsenina, M.V. *Effektivnost' primeneniya regulatora rosta v tekhnologii proizvodstva gorokha i soi* / M.V. Yevsenina, D.V. Vinogradov // *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. – 2023. – № 1. – S. 9-15.
11. Yevsenina, M. V. *Urozhaynost' sortov gorokha pri ispol'zovanii inokulyanta v usloviyakh yuga Nechernozem'ya* / M. V. Yevsenina, D. V. Vinogradov, Ye. I. Lupova // *Molochnokhozyaystvennyy vestnik*. – 2023. – № 4(52). – S. 54-66.
12. Yevsenina, M. V. *Effektivnost' primeneniya mikroudobreniy na posevakh gorokha* / M.V. Yevsenina, D.V. Vinogradov // *Izvestiya Dagestanskogo GAU*. – 2022. – № 4(16). – S. 55-61.
13. Yerokhin, A.I. *Predposevnaya obrabotka semyan gorokha biopreparatom Ribav-Ekstra* / A.I. Yerokhin, Z.R. Tsukanova // *Sel'skoye khozyaystvo*. – 2014. – № 3. – S. 47-48.
14. Lebedev, D.V. *Osobennosti pitaniya rasteniy i zhiznedeyatel'nosti mikroorganizmov v pochve* / D.V. Lebedev, M.V. Yevsenina // *Sb.: Ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskiye aspekty sovremennykh agrotekhnologiy*. Ryazan'. – 2021. – S. 189-194.
15. Lupova, Ye.I. *Nauchno-prakticheskoye obosnovaniye povysheniya produktivnosti maslichnykh kapustnykh kul'tur v komplekse agrotekhnologicheskikh faktorov v usloviyakh nechernozemnoy zony: spetsial'nost' 06.01.01 «Obshcheye zemledeliye, rasteniyevodstvo»: dis. ... d. s.-kh. n.* / Ye.I. Lupova: RGATU. – Ryazan', 2022. – 392 s.
16. Pestryakov, A. M. *Sposoby i priyomy, sposobstvuyushchiye povysheniyu effektivnosti resursosberezheniya v agrotekhnologiyakh* / A. M. Pestryakov, O. V. Gladysheva // *Pochvozashchitnoye zemledeliye v Rossii: Sbornik dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 45-letiyu Vserossiyskogo NII zemledeliya i zashchity pochv ot erozii, Kursk, 15–17 sentyabrya 2015 goda* / Redkollegiya: Cherkasov G.N., Masyutenko N.P., Otvetstvennyye za vypusk: Degteva M.YU., Vavin V.G., Ryazantseva N.V.. – Kursk: OOO "Kuveys+", 2015. – S. 22-27.
17. Solodyagina, A.V. *Urozhaynost' semyan soi pri shirokoryadnom poseve v zavisimosti ot plotnosti agrofitotsenoza* / A.V. Solodyagina, D.V. Vinogradov, Ye.V. Gureyeva // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2024. – T. 16, № 3. – S. 78-84.
18. Vinogradov D.V., Evsenina M.V. *Using growth regulators in production of peas* // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 oktyabrya 2021 goda*. – Stavropol. – 2022. – P. 012029. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012029.

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

Евсенина Марина Владимировна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрономии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», marina.vlady@mail.ru

Виноградов Дмитрий Валериевич, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой агрономии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», vdv-rz@rambler.ru

Author Information

Evenina Marina V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy and Plant Protection, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, marina.vlady@mail.ru

Vinogradov Dmitry V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Agronomy and Plant Protection, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, vdv-rz@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 07.08.2025; одобрена после рецензирования 10.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted to the editorial office 07.08.2025; approved after review 10.09.2025 accepted for publication 15.09.2025.





Вестник РГАТУ, 2025, т.17, №3, с. 22-31
Vestnik RGATU, 2025, Vol.17, №3, pp. 22-31

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.86
DOI: 10.36508/RSATU.2025.72.24.004

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ОТРАБОТАННОГО ГРИБНОГО СУБСТРАТА В УСЛОВИЯХ ЮГА НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

Ирина Сергеевна Питюрина¹✉, Дмитрий Валериевич Виноградов²

¹ Академия ФСИН России, Рязань, Россия

² ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», Рязань, Россия

¹ piturina@yandex.ru

² vdv-rz@rambler.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Отработанный субстрат ксилотрофных базидиомицетов обладает значительным потенциалом для улучшения почвенного плодородия, мелиорации тяжёлых почв и фитосанитарной обработки. Целью исследований явилось изучение особенностей культивирования среднеспелых сортов картофеля Луговской, Прайм, Вымпел в Нечерноземной зоне с использованием отработанного грибного субстрата.

Методология. Исследования проводились на серых лесных почвах Рязанского района Рязанской области в 2023-2025 гг. Полевые опыты и элементы технологии выполнены в оптимальные агротехнические сроки в соответствии с существующими зональными рекомендациями.

Результаты. В результате исследований был проведен сравнительный анализ двух технологий возделывания: опытная (с применением грибного субстрата) и контрольная (традиционная технология возделывания) за 2023-2025 гг. Высота растений в опытной группе увеличилась по сравнению с контрольной на 5,4 см (11,4 %), а количество стеблей в среднем на 0,3 штуки на куст, что составило 11,3 %. Облиственность увеличилась на 8,1 листа в среднем на растение, превысив контрольные показатели на 17,9 %. В контрольной группе среднее количество клубней составило 6,3 штуки на куст, тогда как при внесении субстрата этот показатель достиг 12,1 клубня, что соответствует увеличению на 76,2 %. Показатель товарности в опытной группе составил 85,3 %, что на 4,7 % превышает значение в контрольной. Средняя урожайность в среднем по трем сортам в контрольной группе достигла 197,2 ц/га, в опытной – 207,5 ц/га. Среди исследуемых сортов наибольшая урожайность отмечена у сорта Вымпел (211,7 ц/га), что на 6,7 % выше контроля. Сорта Прайм и Луговской также показали превышение над контролем на 6,0 % и 3,2 % соответственно.

Заключение. На основании проведенных агрономических исследований установлено, что внесение в почву отработанного субстрата вешенки является высокоэффективным агротехническим приемом. Его применение в условиях Нечерноземной зоны, в частности, на территории Рязанской области, позволяет существенно повысить не только урожайность возделываемых сортов картофеля, но и улучшить их качественные характеристики. Таким образом, данный вид органического удобрения может быть рекомендован к внедрению в сельскохозяйственную практику региона.

Ключевые слова: картофель, субстрат вешенки, органическое удобрение, урожайность, качество клубней

Для цитирования: Питюрина И.С., Виноградов Д.В. Результаты и перспективы производства картофеля с использованием отработанного грибного субстрата в условиях юга Нечерноземья // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С.22-31 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.72.24.004>

Original article

**PROSPECTS FOR USING WASTE SUBSTRATE OF OYSTER MUSHROOMS
TO INCREASE POTATO YIELD**

Irina S. Piturina¹✉, Dmitry V. Vinogradov²

¹ Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia

© Питюрина И.С., Виноградов Д.В., 2025.



² Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ piturina@yandex.ru

² vdv-rz@rambler.ru

Abstract.

Problem and purpose. The spent substrate of xylotrophic basidiomycetes has significant potential for improving soil fertility, reclamation of heavy soils, and phytosanitary treatment. The purpose of the research was to study the cultivation of mid-season potato varieties Lugovskiy, Prime, and Vypel in the Non-Chernozem zone using the spent mushroom substrate.

Methodology. The studies were conducted on gray forest soils in the Ryazan District of the Ryazan Region in 2023-2025. The field experiments were carried out at the optimal agronomic time, in accordance with the existing zonal recommendations.

Results. As a result of the research, a comparative analysis of two cultivation technologies was conducted: the experimental (using a mushroom substrate) and the control (traditional cultivation technology) for the period 2023-2025. The height of the plants in the experimental group increased by 5.4 cm (11.4%) compared to the control group, and the average number of stems per plant increased by 0.3, which is 11.3%. The number of leaves increased by 8.1 leaves per plant on average, exceeding the control values by 17.9%. In the control group, the average number of tubers was 6.3 per plant, while the application of the substrate increased this number to 12.1 tubers, an increase of 76.2%. The marketability rate in the experimental group was 85.3%, which is 4.7% higher than in the control group. The average yield of the three varieties in the control group reached 197.2 centners per hectare, while the average yield of the experimental group was 207.5 centners per hectare. Among the studied varieties, the highest yield was observed in the Vypel variety (211.7 centners per hectare), which is 6.7% higher than the control. The Prime and Lugovskiy varieties also showed an increase of 6.0% and 3.2%, respectively, compared to the control.

Conclusion. Based on the conducted agronomic studies, it has been established that the application of spent oyster mushroom substrate to the soil is a highly effective agricultural technique. Its use in the Non-Chernozem zone, particularly in the Ryazan region, significantly increases not only the yield of cultivated potato varieties, but also improves their quality characteristics. Therefore, this type of organic fertilizer can be recommended for implementation in the agricultural practices of the region.

Key words: potatoes, oyster mushroom substrate, organic fertilizer, yield, and tuber quality

For citation: Pityurina I.S., Vinogradov D.V. Results and Prospects of Potato Production Using Wasted Mushroom Substrate in the Conditions of the South of the Non-Chernozem Region // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.3, P. 22-31 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.72.24.004>

Введение

В процессе промышленного выращивания макромикровеществ (преимущественно вешенки *Pleurotus ostreatus*) образуются значительные объёмы отходов, составляющие до 60 % от первоначальной массы субстрата. В настоящее время основная часть отработанных грибных блоков направляется на полигоны твёрдых коммунальных отходов либо размещается в прилегающих к производствам зонах без надлежащей утилизации. Сохранение полимерной оболочки блоков приводит к таким негативным последствиям, как развитие анаэробных процессов разложения с выделением метана, формирование очагов размножения насекомых-вредителей и накопление потенциальных загрязнителей в агроэкосистемах [1-4,8,10].

Однако, отработанный субстрат ксилотрофных базидиомицетов обладает значительным потенциалом для улучшения почвенного плодородия: содержание доступного азота достигает 6,3-7,2 кг/т, что особенно важно для азотолубивой культуры картофеля; мелиорации тяжёлых почв – повышение рыхлости и влагоёмкости грунта и фитосанитарной обработки; отсутствие семян сорняков, патогенной микрофлоры и яиц гельминтов в отличие от традиционного навоза.

Применение отработанного грибного субстрата в картофелеводстве обеспечивает постепенное

высвобождение питательных элементов в течение вегетационного периода, возможность комбинирования с минеральными удобрениями (снижение доз NPK на 15-20 %) и эффективное использование в качестве компонента для выращивания семенного картофеля [11-13].

Интеграция отработанных грибных субстратов в технологию возделывания картофеля позволяет решить такие задачи, как утилизация отходов грибоводческого производства, повышение урожайности и качества клубней и снижение экологической нагрузки на агроценозы. Проведённые исследования химического состава отработанного субстрата вешенки (*Pleurotus ostreatus*) демонстрируют его значительную питательную ценность, содержащую 6,3-7,2 кг азота на тонну субстрата. Данный показатель позволяет рассматривать отработанные грибные блоки как самостоятельное органическое удобрение для непосредственного внесения и базовый компонент для разработки комплексных мелиорантов почвы [5-7,9,14-18].

В связи с этим использование отработанных грибных субстратов в технологии выращивания картофеля представляет особую актуальность. Целью исследований является изучение особенностей культивирования среднеспелых сортов картофеля в Нечерноземной зоне и применения в агротехнологии культуры в качестве органическо-

го удобрения отработанного грибного компоста.

Материал и методика исследования

Полевые опыты проведены в 2023-2025 гг. Место проведения исследований: УНИЦ «Агротехнопарк» РГАТУ, Рязанский район, Рязанской области. Тип почвы: темно-серая лесная, тяжелосуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы (0-20): гумус 3,34 %, pH – 5,80, подвижный фосфор – 39,8 мг/кг, калий – 152,1 мг/кг почвы. Агрофизические характеристики почвы (0-20): равновесная плотность – 1,74 г/см³, оптимальная плотность – 1,29 г/см³.

В качестве объектов исследования были отобра-

ны среднеспелые сорта картофеля, отличающиеся высокими товарными и вкусовыми качествами, стабильной урожайностью, а также устойчивостью к основным заболеваниям культуры: Луговской, Прайм, Вымпел.

С целью определения эффективности применения отработанного субстрата при выращивании вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*) в картофелеводстве был проведен сравнительный анализ двух технологий возделывания: опытная (с применением грибного субстрата) и контрольная (традиционная технология возделывания) (рис. 1).



Рис. 1 – Отработанные субстраты грибов – вешенки (*Pleurotus ostreatus*), используемые в опыте
Fig. 1 – Spent oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) substrates used in the experiment

В ходе предпосадочной подготовки проводили тщательную сортировку клубней с соблюдением следующих критериев отбраковки: по фитосанитарному состоянию (клубни с симптомами бактериальных инфекций, картофель с проявлениями вирусных болезней, подмороженные экземпляры); по качеству ростков: образцы с ломкими или деформированными проростками; по механическим повреждениям: клубни с порезами, нестандартные по форме экземпляры, образцы с повреждениями кожуры (превышающими 25 % поверхности); по размеру: использовали клубни средней фракции массой 50-80 граммов.

Для проведения опыта были отобраны клубни трёх сортов из обеих экспериментальных групп: опытной – внесение субстрата вешенки на основе соломы из расчета 40 т/га; контрольной – возделывалась без внесения грибного субстрата. Внесение компоста в 40 т/га было проведено из расчета на планируемый урожай картофеля в 45 т/га, с учетом вносимых минеральных удобрений в качестве фона и плодородия опытной почвы.

Агротехнические мероприятия по выращиванию картофеля общепринятые (рис. 2). Предшественник – озимая пшеница.



Рис. 2 – Внесение компоста (а), посадка (б) и агроценоз картофеля (в) опытного участка
Fig. 2 – Composting (a), planting (b) and agroceenosis of potatoes (c) of the experimental site



В рамках подготовки почвы под посадку картофеля осенью во второй декаде августа проводили дискование навесной бороной БДТ-7 в агрегате с трактором МТЗ-1221, с последующей зяблевой вспашкой К-744Р + Peresvet ППО-7-35 Алмаз на глубину 20-22 см. Весенняя обработка включала ранневесеннее боронование МТЗ-1221 + БЗТС-1,0 в сцепке, в третьей декаде апреля с последующей культивацией агрегатом МТЗ-1221+КПЭ-3,8 на глубину 12-14 см. Проводили внесение минеральных удобрений с использованием разбрасывателя РУН-1 с последующей нарезкой гребней.

Вносили фон минеральных удобрений – азофоску (16:16:16) в дозе 2,1 ц/га.

Предпосадочная обработка клубней Шансометокс Трио, КС, 0,4 л/т. Посадка КСН-4, с нормой клубней картофеля в 3 т/га. Применяли довсходовый гербицид Зенкошанс, КС, 1 л/га. По вегетации баковая смесь Фасшанс, КЭ, 0,1 л/га + Метамил МЦ, ВДГ, 2,0 кг/га.

Полевой опыт заложен в соответствии с обще-

принятыми методиками. Повторность вариантов в опыте – четырехкратная.

Результаты исследований и их обсуждение

Применение отработанного субстрата вешенки в технологии возделывания картофеля различных сортов в условиях Нечерноземной зоны за три года исследований не оказало влияния на продолжительность и характер прохождения основных фенологических фаз развития растений. Во всех вариантах опыта в среднем за три года исследований вегетационный период у сорта Луговской составил 99,6 дней, у сорта Вымпел 102,5 дня и у сорта Прайм 101,4 дня. Несмотря на отсутствие влияния субстрата, была отмечена естественная межгодовая изменчивость в продолжительности фаз развития. В зависимости от складывающихся погодных условий в течение вегетационных сезонов (температурный режим, количество осадков, солнечная радиация) продолжительность фенологических фаз варьировалась в пределах 2-4 дней от среднегодовых показателей.

Таблица 1 – Сравнительный анализ биометрических параметров сортов картофеля в различных вариантах опыта (среднее 2023-2025 гг.)

Иссле- дуемые сорта	Биометрические показатели								Товар- ность, %
	Высота расте- ний, см	Кол-во стеблей, шт.	Кол-во листьев, шт.	Площадь листовой поверх- ности тыс.м /га	Коли- чество клубней на од- ном рас- тении, шт.	Содержание фракций к общей массе			
						крупные (> 80г)	средние (50-80г)	мелкие (< 50г)	
Контрольная группа									
Лугов- ской	48,0	3,7	45,7	41,4	6,1	58,2	22,9	15,1	81,1
Прайм	45,1	3,3	43,9	42,5	6,3	55,1	21,8	23,7	76,9
Вымпел	49,6	3,5	46,1	41,9	6,5	60,3	22,7	19,7	83,0
среднее	47,5	3,5	45,2	41,9	6,3	57,9	22,7	19,7	80,6
Опытная группа (на фоне субстрата)									
Лугов- ской	56,9	3,9	55,2	53,8	11,2	67,1	19,2	9,1	86,3
Прайм	47,6	3,8	51,4	52,2	10,2	64,3	19,1	10,4	83,4
Вымпел	54,2	3,9	53,4	53,0	11,8	67,4	18,7	9,3	86,1
среднее	52,9	3,9	53,3	53,0	11,1	66,3	19,0	9,6	85,3
НСР ₀₅ , АВ среднее за годы	6,63	0,56	4,47	5,01	7,45				4,61

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что внесение грибного субстрата оказало положительное влияние на все показатели структуры урожая исследуемых сортов картофеля. Биометрический показатель «высота растений» увеличился в опытной группе по отношению к контрольной на 5,4 см (11,4 %). В опытной группе наблюдалось увеличе-

ние количества стеблей в среднем на 0,3 шт. на куст, и составило 11,3 % по сравнению с контролем.

Особенно заметный эффект отмечен в развитии листового аппарата растений. При использовании грибного субстрата облиственность увеличилась на 8,1 листа/растение, превысив контрольные показатели на 17,9 %, что свидетель-



ствует об активизации фотосинтетической деятельности растений.

Наиболее значимые изменения в опыте выявлены в показателях клубнеобразования. В контрольной группе среднее количество клубней составило 6,3 шт. / 1 куст, тогда как при внесении субстрата этот показатель достиг 12,1 шт. / 1 куст, увеличив показатель на 76,2 %, что подтверждает высокую эффективность применения грибного субстрата в опыте.

Товарность – это доля клубней крупного и среднего размера в урожае, пригодных для использования в пищевых целях. Наибольший

уровень товарности отмечен в опытной группе, где средний показатель составил 85,3 %, что на +4,7 % превышает значение в контрольной группе.

Ключевым критерием оценки эффективности применяемых органических удобрений выступил показатель урожайности картофеля, которая напрямую зависит от обеспеченности растений питательными веществами в течение вегетационного периода. Использование субстрата грибов в качестве органического удобрения стимулировало активный рост и развитие картофельных растений, что привело к существенному повышению продуктивности культуры (рис. 3).



Рис. 3 – Показатели урожайности (ц/га) исследуемых сортов картофеля в зависимости от варианта (среднее 2023-2025 гг.)
Fig. 3 – Yield indicators (c/ha) of the studied potato varieties depending on the variant (average 2023-2025)

НСР₀₅ АВ, ц/га, среднее за годы – 9,80

Анализ данных, представленных на рисунке 3, показывает, что использование субстрата вешенки при выращивании картофеля положительно влияет на урожайность. Так, средняя урожайность по трем сортам в контрольной группе достигла 197,2 ц/га, тогда как в опытной группе этот показатель составил 207,5 ц/га. Среди исследуемых сортов наибольшая урожайность отмечена у сорта Вымпел (211,7 ц/га), что на 6,7 % больше контроля. Сорта Прайм и Луговской также показали превышение над контролем на 6,0 % и 3,2 % соответственно.

Проведенные исследования выявили, что внесение субстрата вешенки как органического удобрения на серых лесных почвах Рязанского региона эффективно повышает урожайность картофеля благодаря комплексному воздействию – обогащению почвы органикой и обеспечению растений доступными формами азота, фосфора и калия, что в совокупности стимулирует рост культуры.

На рисунке 4 представлен результат множественной регрессии зависимости урожайности картофеля от количества клубней на одном растении и товарности. Знаки в уравнении регрессии указывают на положительный тип зависимости. С увеличением значений независимых признаков урожайность картофеля возрастает, насколько это возможно показывают коэффициенты регрессии. Например, при повышении количества клубней и товарности на единицу можно ожидать увеличе-

ния продуктивности культуры на 0,4 и 0,28 ц/га соответственно.

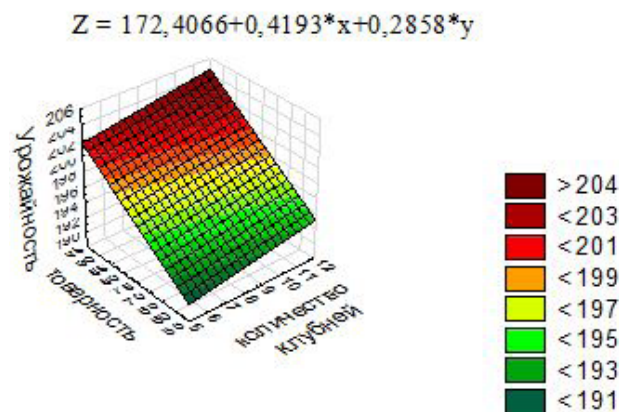


Рис. 4 – Зависимость урожайности картофеля (Z, ц/га) от количества клубней на одном растении (X, шт.) и товарности (Y, %) на контроле (p<0,05)

Fig. 4 – Dependence of potato yield (Z, kg/ha) on the number of tubers per plant (X, pcs.) and marketability (Y, %) in the control (p<0.05)

При внесении грибного субстрата на удобренном фоне отмечалась аналогичная тенденция, что и на контроле, за исключением одного призна-



ка. Он связан с двукратным увеличением значения коэффициента регрессии по количеству клубней. Интерпретировать такой результат можно следующим образом: применение грибного субстрата способствует увеличению продуктивности картофеля исключительно за счет количества клубней. Товарность оказала схожий эффект, что и на контроле, где коэффициент регрессии составил около 0,3 % (рис. 5).

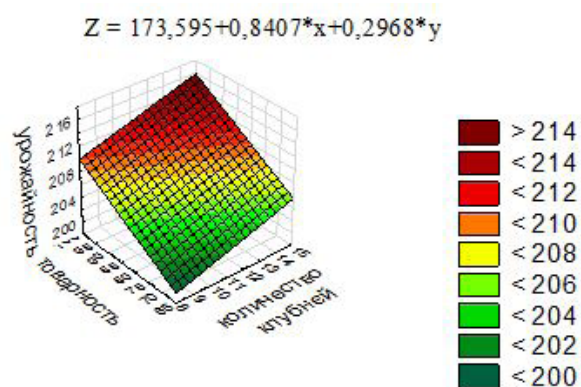


Рис. 5 – Зависимость урожайности картофеля (Z, ц/га) от количества клубней на одном растении (X, шт.) и товарности (Y, %) в опытном варианте с компостом ($p < 0,05$)

Fig. 5 – Dependence of potato yield (Z, kg/ha) on the number of tubers per plant (X, pcs.) and marketability (Y, %) in the experimental version with compost ($p < 0,05$)

При возделывании картофеля особое значение приобретают качественные характеристики клубней, которые определяют их пищевую цен-

ность, товарные свойства и пригодность для различных видов переработки. В ходе проведенных исследований был выполнен комплексный анализ качественных показателей изучаемых сортов картофеля в зависимости от применяемой технологии возделывания.

Полученные экспериментальные данные, отражающие содержание сухого вещества, крахмала, витамина С, систематизированы и представлены в таблице 2.

Анализ этих показателей позволяет не только оценить потребительские свойства каждого сорта, но и определить оптимальные направления их использования – для столовых целей, переработки или длительного хранения.

Проведенный анализ данных таблицы 2 позволяет констатировать, что использование грибного субстрата в технологии возделывания картофеля не привело к статистически значимому повышению содержания аскорбиновой кислоты (витамина С) в исследуемых клубнях различных сортов. Разница между контрольной и опытной группами по данному показателю не превышала 1,1 мг %, что находится в пределах погрешности измерений.

Следует отметить положительную динамику по другим важным биохимическим показателям: содержание сухого вещества увеличилось на 0,5-2,4 % по сравнению с контролем, в среднем по исследуемым сортам. Уровень редуцирующих сахаров возрос на 0,01-0,02 %. Крахмалистость клубней повысилась на 0,4-0,6 %. Эти изменения могут быть связаны с улучшением минерального питания растений за счет постепенной минерализации органического субстрата, а также с активацией ферментативных процессов в почве.

Таблица 2 – Показатели качества исследуемых сортов картофеля (среднее 2023-2025 гг.)

Вариант	Показатели качества, %			
	сахара (контроль/опыт)	Крахмал (контроль/опыт)	сухое вещество (контроль/опыт)	витамин С (контроль/опыт)
Прайм	0,31/0,31	10,91/11,28	18,92/19,44	11,44/11,51
Луговской	0,30/0,31	11,66/12,12	19,84/20,62	11,83/11,86
Вымпел	0,31/0,32	12,22/12,82	20,22/21,31	12,14/12,55

Полученные результаты свидетельствуют, что грибной субстрат оказывает более выраженное влияние на углеводный комплекс клубней, чем на витаминный состав, что следует учитывать при разработке технологий возделывания картофеля для различных целевых назначений.

Результаты лабораторных исследований содержания нитратов в клубнях картофеля, полученные в ходе полевого эксперимента, систематизированы в таблице 3, где представлены средние арифметические значения по каждому варианту опыта.

Таблица 3 – Концентрация нитратов в клубнях различных сортов картофеля при послеуборочном анализе (среднее 2023-2025 гг.)

Сорт	NO ₃ (мг/кг сырой массы) при ПДК 250 мг/кг		
	глазки контроль/субстрат	Кожура контроль/субстрат	Сердцевина контроль/субстрат
Прайм	156,1/156,8	153,8/153,9	68,4/68,8
Луговской	159,5/159,9	159,1/159,2	72,2/73,1
Вымпел	157,6/158,4	158,8/159,1	74,2/75,2

Результаты исследований показали, что во всех опытных вариантах содержание нитратов в

глазках, кожуре и сердцевине клубней картофеля оставалось ниже предельно допустимых концен-



траций (ПДК). Однако отмечена тенденция к незначительному увеличению уровня нитратов во всех изученных сортах картофеля, выращенного с применением субстрата вешенки, по сравнению с контрольными образцами.

Оценка кулинарных характеристик клубней картофеля является ключевым аспектом селекционной и агротехнической оценки, поскольку именно эти параметры (развариваемость, консистенция вареной мякоти, сохранение формы, вкус и цвет после термической обработки) определяют потребительскую привлекательность сорта и его целевое кулинарное назначение. Данные показатели напрямую влияют на выбор картофеля для различных видов переработки – от варки и жарки до производства чипсов и крахмала.

Результаты трехлетних исследований кулинарных свойств изучаемых сортов картофеля показали, что применение субстрата вешенки в технологии возделывания не вызывало существенных изменений основных качественных характеристик по сравнению с традиционной агротехникой (рис. 6).

Проведенный анализ показал, что внесение субстрата вешенки не изменило кулинарный тип картофеля как в контрольных, так и в опытных образцах, однако по отдельным показателям наблюдались незначительные расхождения в пределах одного балла. В частности, у сорта Вымпел, относящегося к кулинарному типу ВС (высоко-

крахмалистые сорта с умеренной мучнистостью), отмечены следующие изменения: показатель потемнения сырой мякоти снизился до 4 баллов, а развариваемость улучшилась до 6 баллов. Данный сорт, характеризующийся быстрой развариваемостью, идеально подходит для приготовления пюре, начинок для пирогов и различных запеканок, хотя часто используется и в цельном виде.

Что касается сорта Прайм (кулинарный тип АВ), то здесь наблюдалось улучшение вкусовых качеств до 9 баллов при одновременном снижении показателя потемнения отварной мякоти на один балл (5 баллов). Сорт Луговской, как и Вымпел, был отнесен к кулинарному типу ВС, что подтверждает его высокие технологические качества при кулинарной обработке.

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование субстрата вешенки в качестве удобрения не ухудшает, а в некоторых случаях даже улучшает кулинарные качества картофеля. Из проведенных исследований следует, что применение субстрата вешенки не оказывает статистически значимого влияния на кулинарные качества картофеля, вызывая лишь незначительные вариации отдельных показателей в пределах 1 балла, что не изменяет технологическую принадлежность сортов к определенным кулинарным типам.

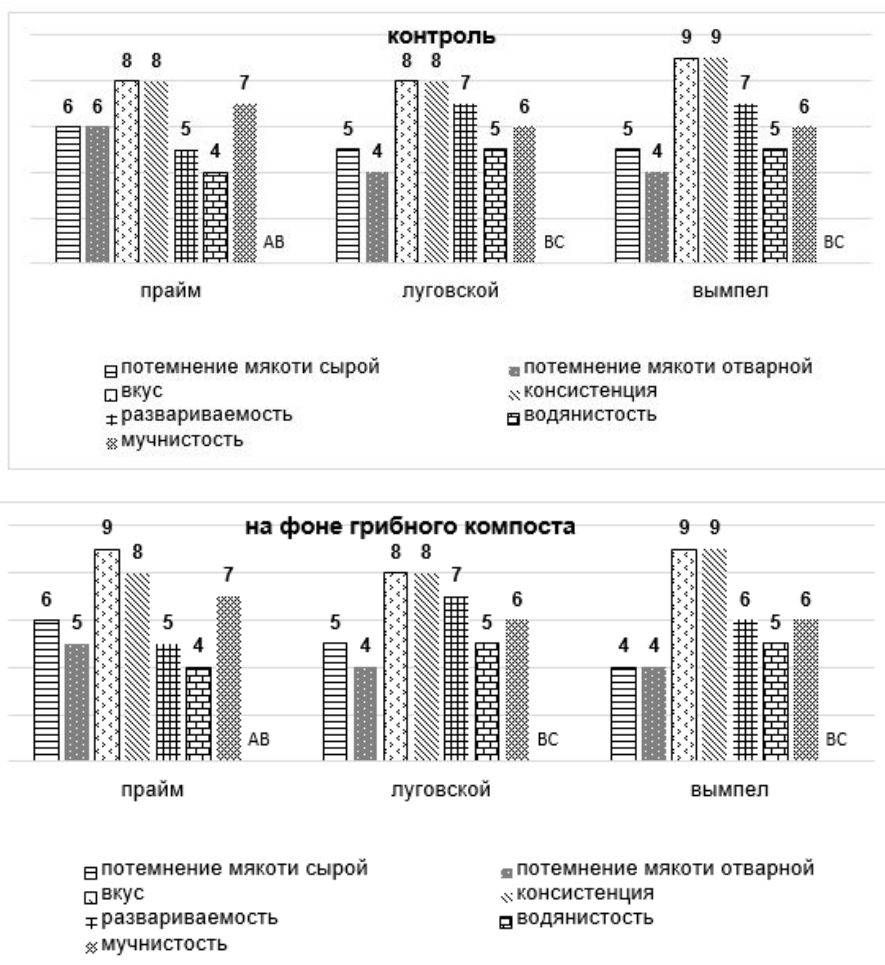


Рис. 6 – Характеристика потребительских свойств сортов картофеля
Fig. 6 – Characteristics of consumer properties of potato varieties



Закключение

На основании проведенных исследований установлено, что внесение в почву отработанного субстрата вешенки является высокоэффективным агротехническим приемом. Его применение в условиях Нечерноземной зоны, в частности, на территории Рязанской области, позволяет существенно повысить не только урожайность возделываемых сортов картофеля, но и улучшить их качественные характеристики.

В среднем за три года исследований средняя урожайность картофеля по трем исследуемым сортам в контрольной группе достигла 197,2 ц/га, в опытной группе этот показатель составил 207,5 ц/га. Среди исследуемых сортов наибольшая урожайность отмечена у сорта Вымпел (211,7 ц/га), что на 6,7 % выше контроля. Варианты сортов Прайм и Луговской также показали превышение над контролем на 6,0 % и 3,2 % соответственно.

Таким образом, данный вид органического удобрения может быть рассмотрен для внедрения в сельскохозяйственную практику региона при выращивании картофеля.

Список источников

1. Using the biologization elements in potato cultivation technology / I. S. Pityurina, D. V. Vinogradov, E. I. Lupova, M. V. Evsenina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Cep. 3, Smolensk, 25 января 2021 года. – Smolensk: IOP PUBLISHING LTD, 2021. – P. 032047. – DOI 10.1088/1755-1315/723/3/032047. – EDN JHAHGD.
2. Characterization of resistance to *Globoderarostochiensis* pathotype Ro1 in cultivated and wild potato species accessions from the Vavilov Institute of Plant Industry / L. Liman-tseva [et al.] // Plant Breeding. 2014;133(5):660–665. DOI:https://doi.org/10.1111/pbr.12195.
3. Agro-ecological testing of varieties and qualitative characteristics of potato tubers in the conditions of the Ryazan region / I. S. Pityurina, D. V. Vinogradov, F. A. Musaev, D. V. Goncharuk // Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture : International Scientific and Practical Conference, Saratov, 20–24 октября 2021 года. – London: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012031. – EDN TENEVB.
4. Балабко, П.Н. Значение гумата и Биоуд-1 в технологии выращивания картофеля на дерново-подзолистой почве / П.Н. Балабко, А.М. Головкин, Т.И. Хуснетдинова, Н.Ф. Черкашина, Д.В. Карпова, Л.К. Батурина // Проблемы агрохимии и экологии. 2010. № 2. С. 44–49.
5. Питюрина, И. С. Выращивание картофеля с использованием органоминеральных удобрений на основе отработанного грибного компоста в условиях Нечерноземной зоны / И. С. Питюрина, Д. В. Виноградов // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 1. – С. 39–45. – DOI 10.28983/asj.y2024i1pp39-45. – EDN LMJCJK.
6. Актуальные направления развития селекции и семеноводства картофеля в России / Е.А. Симаков [и др.] // Картофель и овощи. 2020. № 12. С. 22–26.
7. Pityurina, I. S. Potato yield on dark gray soils when using microbiological preparation / I. S. Pityurina, D. V. Vinogradov // E3S web of conferences : International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021), Krasnodar, Russia, 24–26 мая 2021 года. Vol. 285. – Krasnodar, Russia: EDP Sciences, 2021. – P. 02008. – DOI 10.1051/e3sconf/202128502008. – EDN UCUUYF.
8. Microbial Consortia for Plant Protection against Diseases: More than the Sum of Its Parts / T. Maciag [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2023. Т. 24, № 15. P. 12227.
9. Сопрунова, О.Б. Влияние биологической обработки при выращивании на физиолого-биохимические и технологические показатели клубней картофеля / О.Б. Сопрунова, В.Е. Сопрунова, О.И. Жукова // Вестник КрасГАУ. – 2024. – №2 (203). – С. 50–57. – DOI https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-2-50-57
10. Питюрина, И.С. Потребительские качества клубней картофеля и их аминокислотный состав в зависимости от уровня минерального питания / И. С. Питюрина, Т.А. Ибригова, Д. В. Виноградов // Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – № 3(19). – С. 42–47.
11. Технологические элементы выращивания картофеля в ООО "Авангард" Рязанской области / М.М. Крючков, В.Н. Овсянников, Д.В. Виноградов, И.Н. Шафеев // Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля : Межд. науч.-практ. конф. – Рязань: РГАТУ, 2015. – С. 159–164.
12. Лупова, Е.И. Специфика соответствия качества семенного картофеля и его сортов при ввозе на территорию Российской Федерации / Е.И. Лупова, С.В. Никитов // Сб. : Молодёжь в поисках дружбы: Материалы Республиканской науч.-практ. конф. – Институт энергетики Таджикистана, 2017. – С. 15–20.
13. Федотова, Л.С. Применение биомодифицированных минеральных удобрений и биологически активных препаратов в картофелеводстве / Л.С. Федотова, Е.В. Князева, Н.А. Тимошина Н.А., и др. // Плодородие, 2021. – № 5 (122). – С. 71–75.
14. Халипский, А.Н. Роль экотипа сорта и условий выращивания в эффективности сортосмены картофеля в Красноярском крае / А. Н. Халипский // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 3. – С. 130–136.
15. Шабанов, А.Э. Параметры потенциальной урожайности сортов картофеля селекционного центра ВНИИКХ / А.Э. Шабанов, А. И. Киселев, Л. С. Федотова // Земледелие. – 2018. – № 5. – С. 34–36.
16. 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.



17. Рылко, В. А. Влияние условий хранения семенных клубней картофеля на их лежкость и продуктивные свойства / В. А. Рылко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 50-55.

18. Урожайность и качество картофеля в зависимости от агроприемов выращивания / А. Э. Шабанов, А. И. Киселев, Л. С. Федотова [и др.] // Земледелие. – 2018. – № 3. – С. 26-28.

Вклад авторов:

Авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Using the biologization elements in potato cultivation technology* / I. S. Pityurina, D. V. Vinogradov, E. I. Lupova, M. V. Evsenina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Сер. 3, Smolensk, 25 января 2021 года. – Smolensk: IOP PUBLISHING LTD, 2021. – P. 032047. – DOI 10.1088/1755-1315/723/3/032047. – EDN JHAHDG.
2. *Characterization of resistance to Globoderarostochiensispathotype Ro1 in cultivated and wild potato species accessions from the Vavilov Institute of Plant Industry* / L. Liman-tseva [et al.] // Plant Breeding. 2014;133(5):660–665. DOI:<https://doi.org/10.1111/pbr.12195>.
3. *Agro-ecological testing of varieties and qualitative characteristics of potato tubers in the conditions of the Ryazan region* / I. S. Pityurina, D. V. Vinogradov, F. A. Musaev, D. V. Goncharuk // Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture : International Scientific and Practical Conference, Saratov, 20–24 октября 2021 года. – London: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012031. – EDN TEHEBV.
4. Balabko, P.N. Znachenije gumata i Bioud-1 v tekhnologii vyrashchivaniya kartofelya na dernovo-podzolistoy pochve / P.N. Balabko, A.M. Golovkov, T.I. Khusnetdinova, N.F. Cherkashina, D.V. Karpova, L.K. Baturina // Problemy agrokhimii i ekologii. 2010. № 2. S. 44-49.
5. Pityurina, I. S. Vyrashchivaniye kartofelya s ispol'zovaniyem organomineral'nykh udobreniy na osnove otrabotannogo gribnogo komposta v usloviyakh Nechernozemnoy zony / I. S. Pityurina, D. V. Vinogradov // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2024. – № 1. – S. 39-45. – DOI 10.28983/asj.y2024i1pp39-45. – EDN LMJCJK.
6. Aktual'nyye napravleniya razvitiya seleksii i semenovodstva kartofelya v Rossii / Ye.A. Simakov [i dr.] // Kartofel' i ovoshchi. 2020. № 12. S. 22–26.
7. Pityurina, I. S. Potato yield on dark gray soils when using microbiological preparation / I. S. Pityurina, D. V. Vinogradov // E3s web of conferences : International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021), Krasnodar, Russia, 24–26 maya 2021 goda. Vol. 285. – Krasnodar, Russia: EDP Sciences, 2021. – P. 02008. – DOI 10.1051/e3sconf/202128502008. – EDN UCUUYF.
8. Microbial Consortia for Plant Protection against Diseases: More than the Sum of Its Parts / T. Maciag [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2023. T. 24, № 15. P. 12227.
9. Soprunova, O.B. Vliyaniye biologicheskoy obrabotki pri vyrashchivanii na fiziologo-biokhimicheskiye i tekhnologicheskkiye pokazateli klubney kartofelya / O.B. Soprunova, V.Ye. Soprunova, O.I. Zhukova // Vestnik KrasGAU. – 2024. – №2 (203). – S. 50-57. – DOI <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-2-50-57>
10. Pityurina, I.S. Potrebitel'skiye kachestva klubney kartofelya i ikh aminokislotnyy sostav v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya / I. S. Pityurina, T.A. Isrigova, D. V. Vinogradov // Izvestiya Dagestanskogo GAU. – 2023. – № 3(19). – S. 42-47.
11. Tekhnologicheskkiye elementy vyrashchivaniya kartofelya v OOO "Avangard" Ryazanskoy oblasti / M.M. Kryuchkov, V.N. Ovsyannikov, D.V. Vinogradov, I.N. Shafeyev // Nauchno-prakticheskiye aspekty innovatsionnykh tekhnologiy vozdeystviya i pererabotki kartofelya : Mezhd. nauch.-praktich. konf. – Ryazan': RGATU, 2015. – S. 159-164.
12. Lupova, Ye.I. Spetsifika sootvetstviya kachestva semennogo kartofelya i yego sortov pri vvoze na territoriyu Rossiyskoy Federatsii / Ye.I. Lupova, S.V. Nikitov // Sb. : Molodozh' v poiskakh družby: Materialy Respublikanskoy nauch.-prakt. konf. – Institut energetiki Tadjikistana, 2017. – S. 15-20.
13. Fedotova, L.S. Primeneniye biomodifitsirovannykh mineral'nykh udobreniy i biologicheskii aktivnykh preparatov v kartofelevodstve / L.S. Fedotova, Ye.V. Knyazeva, N.A. Timoshina N.A., i dr. // Plodorodiye, 2021. – № 5 (122). – S. 71-75.
14. Khalipskiy, A.N. Rol' ekotipa sorta i usloviy vyrashchivaniya v effektivnosti sortosmeny kartofelya v Krasnoyarskom krae / A. N. Khalipskiy // Vestnik KrasGAU. – 2008. – № 3. – S. 130-136.
15. Shabanov, A.E. Parametry potentsial'noy urozhaynosti sortov kartofelya selektsionnogo tsentra VNIKKH / A.E. Shabanov, A. I. Kiselev, L. S. Fedotova // Zemledeliye. – 2018. – № 5. – S. 34-36.
16. Shchur, A.V. Tsellyulozoliticheskaya aktivnost' pochv pri razlichnykh urovnyakh agrotekhnicheskogo vozdeystviya / A.V. Shchur, D.V. Vinogradov, V.P. Val'ko // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 7(106). – S. 45-49.
17. Ryloko, V. A. Vliyaniye usloviy khraneniya semennykh klubney kartofelya na ikh lezhkost' i produktivnyye svoystva / V. A. Ryloko // Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. – 2018. – № 1. – S. 50-55.



18. Urozhaynost' i kachestvo kartofelya v zavisimosti ot agropriyemov vyrashchivaniya / A. E. Shabanov, A. I. Kiselev, L. S. Fedotova [i dr.] // Zemledeliye. – 2018. – № 3. – S. 26-28.

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

Питюрина Ирина Сергеевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы, Академия ФСИН России, Рязань, Россия, piturina@yandex.ru

Виноградов Дмитрий Валериевич, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой агрономии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия, vdv-rz@rambler.ru

Author Information

Petyurina Irina S., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Logistics of the Penal Enforcement System, Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia, piturina@yandex.ru

Vinogradov Dmitry V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Agronomy and Plant Protection, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, vdv-rz@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 01.07.2025; одобрена после рецензирования 02.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 01.07.2025; approved after reviewing 02.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 633.853.494:631.811
DOI: 10.36508/RSATU.2025.91.84.005

**ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНЫЕ СВОЙСТВА И КАЧЕСТВО РАПСА ЯРОВОГО
В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Татьяна Яковлевна Прахова¹✉, Алексей Гонелиевич Саджая²

^{1,2} ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Россия

¹ prakhova.tanya@yandex.ru

² kfhs@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Новые высокоинтенсивные сорта и гибриды рапса предъявляют более высокие требования к обеспеченности микроэлементами. Одним из приоритетных направлений решения данного вопроса является некорневая подкормка растений микроудобрениями. Цель исследования – изучение влияния микроэлементных удобрений на урожайность и качественные показатели новых сортов и гибридов рапса ярового в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Методология. В статье рассматриваются результаты полевого опыта (2023-2024 гг.), проведенного на опытном поле Пензенского НИИСХ. Исследования проводились по методике проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. В качестве объекта исследований использовали гибрид ярового рапса ПР46Х75 (Пионер) и сорт Эребус (ВНИИМК, г. Краснодар). Схема опыта включала 5 вариантов применения различных микроудобрений в качестве некорневой обработки растений в фазу стеблевания рапса.

Результаты. Установлено, что некорневая обработка растений рапса микроудобрениями способствовала повышению продуктивности сорта Эребус и гибрида ПР46Х75 до 1,93-2,14 т/га и 2,07-2,24 т/га соответственно. Прибавка относительно контрольного варианта составила 0,11-0,32 т/га. Наибольшее увеличение урожая отмечено в варианте с листовой обработкой препаратом Микрополидок Плюс, где продуктивность гибрида ПР46Х75 составила 2,24 т/га и сорта Эребус – 2,14 т/га. Применение микроудобрений способствовало увеличению содержания жира в семенах до 41,1-45,2 % и 43,2-46,6 %. Наибольшая масличность отмечена в вариантах с применением удобрений Полидон Амино (45,2 %) и Полишанс (46,6 %), что достоверно превышало значения в контроле на 4,3 и 3,8 %. Содержание глюкозинолатов в семенах рапса не превышало нормативных критериев и варьировало от 9,8-9,9 до 12,7-17,5 ммоль/г, с минимальным значением в вариантах с использованием препаратов Микрополидок Плюс и Полидон Амино.

Заключение. Использование для некорневой подкормки комплексных микроудобрений способствовало увеличению урожайных свойств и качественных показателей маслосемян рапса ярового в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Наибольшей эффективностью при формировании урожайности и маслонакоплении в семенах рапса ярового сорта Эребус и гибрида ПР46Х75 отличался препарат Микрополидок Плюс.

Ключевые слова: рапс яровой, микроудобрения, урожайность, качество семян, масличность, структура урожая

Для цитирования: Прахова Т.Я., Саджая А.Г. Влияние микроудобрений на урожайные свойства и качество рапса ярового в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С.32-38 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.91.84.005>

Original article

**INFLUENCE OF MICROFERTILIZERS ON CROP PROPERTIES AND QUALITY OF SPRING RAPE IN
THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION**

Tatyana Ya. Prakhova¹✉, Alexey G. Sadzhaya²

^{1,2} Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

¹ prakhova.tanya@yandex.ru

² kfhs@mail.ru

**Abstract.**

Problem and purpose. New high-intensity varieties and hybrids of rapeseed place higher demands on the supply of microelements. One of the priority areas for solving this issue is foliar feeding of plants with micronutrients. The aim of the study is to investigate the influence of microelement fertilizers on the yield and quality indicators of new varieties and hybrids of spring rape in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region.

Methodology. The article discusses the results of a field experiment (2023–2024) conducted on the experimental field of the Penza Research Institute of Agriculture. The research was conducted using the methodology of field and agronomic experiments with oil crops. The spring rape hybrid PR46X75 (Pioneer) and the Erebus variety (VNIIMK, Krasnodar) were used as the object of research. The experimental design included 5 variants of using various microfertilizers as foliar treatment of plants during the stem formation phase of rapeseed.

Results. It was established that foliar treatment of rapeseed plants with microfertilizers contributed to an increase in the productivity of the Erebus variety and the PR46X75 hybrid to 1.93–2.14 t/ha and 2.07–2.24 t/ha. The increase relative to the control variant was 0.11–0.32 t/ha. The greatest increase in yield was noted in the variant with foliar treatment with the Micropolidoc Plus preparation, where the productivity of the PR46X75 hybrid was 2.24 t/ha and the Erebus variety – 2.14 t/ha. The use of microfertilizers contributed to an increase in the fat content in seeds to 41.1–45.2 % and 43.2–46.6 %. The highest oil content was noted in the variants using the fertilizers Polidon Amino (45.2 %) and Polishans (46.6 %), which significantly exceeded the values in the control by 4.3 and 3.8 %. The content of glucosinolates in rapeseeds did not exceed the standard criteria and varied from 9.8–9.9 to 12.7–17.5 mmol/g, with a minimum value in the variants using the preparations Micropolidoc Plus and Polidon Amino.

Conclusion. The use of complex micronutrient fertilizers for foliar feeding contributed to an increase in the yield properties and quality indicators of spring rapeseed oilseeds in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. The most effective preparation for the formation of yield and oil accumulation in the seeds of spring rapeseed of the Erebus variety and the PR46X75 hybrid was Micropolidoc Plus.

Key words: spring rape, microfertilizers, yield, seed quality, oil content, crop structure

For citation: Prakhova T.Ya., Sadzhaya A.G. Influence of microfertilizers on crop properties and quality of spring rape in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No. 3, P.32–38 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.91.84.005>

Введение

Рапс яровой сегодня является высокомаржинальной культурой широких потенциальных возможностей и занимает одно из ведущих мест в мировом сельскохозяйственном производстве масличного сырья [4,14]. Спектр его использования определяется множеством направлений, таких как пищевое, техническое, кормовое, агротехническое и экологическое, что и объясняет возрастающий к нему интерес как в научных, так и в производственных структурах [3,18].

В семенах рапса содержится до 35–50 % растительного масла с определенным жирнокислотным составом. Различное соотношение жирных кислот (например, наличие или отсутствие эруковой кислоты) позволяет использовать масличное сырье рапса либо в пищевой, либо в технической, в том числе металлургической, химической и других промышленности [12,13,17]. Особую ценность рапс представляет как кормовая культура (его белки хорошо сбалансированы по аминокислотному составу), жмых, шрот которого применяются в качестве кормов для сельскохозяйственных животных и птиц [6,7]. Кроме этого, рапс используют на зеленую массу, сенаж, силос [7,13]. Яровой рапс играет также особую роль в биоразнообразии, формировании агроэкологического равновесия и улучшения фитосанитарной обстановки [8,15].

В последнее десятилетие производством маслосемян рапса занимаются во многих странах мира, число которых превышает 30, и посевные

площади его с каждым годом возрастают, однако валовый сбор семян остается на одном уровне; это во многом, и даже в первую очередь, зависит от его урожайности [4,18]. По данным многих исследователей [1,5,10] рапс характеризуется высокой потребностью в питательных элементах, поэтому одним из факторов, определяющих повышение его урожайности, является применение инновационных приемов возделывания, среди которых использование современных микроэлементных препаратов [11,17].

В настоящее время использование микроудобрений в технологии возделывания сельскохозяйственных культур является достаточно популярным и перспективным и заслуживает все большего внимания со стороны сельхозпроизводителей [2,10,16]. Современные препараты отечественного и импортного производства позволяют контролировать ростовые процессы, увеличивать устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды, а также повышать количество и качество урожая [2,17]. Однако эффективность их зависит от множества факторов, и в первую очередь от почвенно-климатических условий региона возделывания и от биологических особенностей культуры.

Новые высокоинтенсивные сорта и гибриды рапса предъявляют более высокие требования к обеспеченности микроэлементами, они усваивают более широкий спектр питательных веществ из почвы, тем самым превосходя предыдущие образцы [5,16].



В связи с этим исследования по обработке растений ярового рапса микроудобрениями для обеспечения стабилизации и повышения его продуктивности в зоне лесостепи Среднего Поволжья являются весьма актуальными.

Цель исследования – изучение влияния некорневой подкормки микроудобрениями на урожайность и качественные показатели новых сортов и гибридов рапса ярового в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Объекты и методы исследования

Исследования выполнены в 2023-2024 гг. на опытном поле ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП Пензенский НИИСХ. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднемощный (содержание гумуса составляет 5,21 %). Количество легкогидролизуемого азота составляло 86,1-90,3 мг/кг, доступного фосфора – 132,1-141,3 мг/кг и обменного калия – 107,7-108,6 мг/кг.

При закладке опыта опирались на методику проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами [9].

В качестве объекта исследований использовали гибрид ярового рапса ПР46Х75 (Пионер) и сорт Эребус (ВНИИМК, г. Краснодар). Схема опыта включала 5 вариантов применения различных микроудобрений в качестве некорневой обработки растений в фазу стеблевание-начало бутонизации рапса: 1 – контроль (без обработки), 2 – Полидон Амино (1,0 л/га), 3 – Полишанс (0,5 л/га), 4 – Микрополидок Плюс (0,5 л/га), 5 – Берес 8 (0,5 л/га). Опрыскивание проводили ранцевым опрыскивателем, расход рабочей жидкости во всех вариантах – 200 л/га.

Полидон Амино – эффективное органоминеральное удобрение, содержащее в своем составе макро-, мезо- и микроэлементы (азот, железо, бор, цинк, магний и другие в количестве от 0,05 до 50,0 г/л), что способствует здоровому росту и развитию растений, обеспечивает более высокие показатели как по количеству, так и по качеству урожая. А также восстанавливает ростовые процессы после стрессов, таких как засуха, заморозки или обработка химикатами.

Микрополидок Плюс – удобрение в хелатной форме со смесью макроэлементов (азот – 200 г/л, фосфор – 120 г/л, калий – 100 г/л) и микроэлементов (сера – 1,5 г/л, железо – 1,1 г/л, медь – 0,21 г/л, цинк – 0,2 г/л, бор – 0,1 г/л, магний – 1,1 г/л), а также ценные аминокислоты, которые стимулируют в растениях все комплексы ростовых процессов.

Берес-8 – это органоминеральное удобрение нового поколения, в состав которого входит комплекс фульвокислот и гуминовых кислот, макро- и микроэлементов, янтарной кислоты. Удобрение обладает антистрессовым и стимулирующим эффектом для растений.

Полишанс – органоминеральное удобрение в хелатной форме, в состав действующего вещества которого входит смесь макро- и микроэлементов (4-90 г/л), экстракт морских водорослей (180 г/л), альгиновая кислота (14 г/л). Особенности препарата состоят в том, что он быстро восполняет дефицит питательных элементов, повы-

шает устойчивость растений к абиотическим и биотическим факторам, увеличивает количество семян и улучшает их качество.

Посев рапса ярового проводили в первой декаде мая рядовым способом, норма высева составляла 2,0 млн всхожих семян на гектар. Площадь опытной делянки 20 м², повторность – четырехкратная. Климатические показатели отличались контрастностью. В период вегетации культуры в 2024 году была отмечена низкая влагообеспеченность и условия характеризовались как засушливые, гидротермический коэффициент составил 0,48 единиц. Гидротермические условия в 2023 году были более благоприятными для роста и развития рапса, ГТК составлял 0,98.

Результаты исследований и их обсуждение

В современных условиях применение инновационных приемов в технологии возделывания рапса, в том числе использование микроэлементных удобрений, является одним из важнейших факторов, способствующих повышению его урожайных свойств и качественных показателей [10,15].

Эффективность применения микроудобрений определяет, в первую очередь, урожайность культуры. В наших исследованиях было установлено, что некорневая обработка растений рапса способствовала увеличению семенной продуктивности и сорта Эребус, и гибрида ПР46Х75. Разница относительно варианта без обработки составила 0,13-0,30 т/га у гибрида ПР46Х75 и 0,11-0,32 т/га – у сорта Эребус (рис. 1).

Наибольшая прибавка урожая отмечена в варианте с листовой обработкой препаратом Микрополидок Плюс, где продуктивность гибрида ПР46Х75 составила 2,24 т/га и сорта Эребус – 2,14 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила соответственно 0,30 и 0,32 т/га, относительно других вариантов обработки разница составила 0,09-0,17 т/га и 0,05-0,21 т/га. Следует отметить, что наиболее отзывчивым на применение микроудобрения Микрополидок Плюс оказался сорт Эребус, что подтверждено большей прибавкой урожайности, чем у гибрида.

Меньшая прибавка урожая отмечена в варианте с некорневой обработкой удобрением Берес 8 (1,93 и 2,07 т/га), как при использовании его на посевах сорта Эребус, так и при листовой обработке гибрида ПР46Х75.

Показатели структуры урожайности рапса в результате обработки растений микроэлементами по сравнению с контролем значительно возросли. У сорта Эребус наибольшее число возростков на растении (58,9 шт.) и число семян в стручке (23,3 шт.) отмечено в варианте с использованием препарата Полидон Амино. При этом семенная продуктивность одного растения максимально значения достигала в варианте при обработке Микрополидокком Плюс, она составила 3,69 г при 1,96 г в контроле. Также в данном варианте рапс сформировал наиболее крупные семена, где масса 1000 семян составила 4,54 г и на 0,38 г превышала контроль и на 0,08-0,28 г – другие варианты (табл. 1).

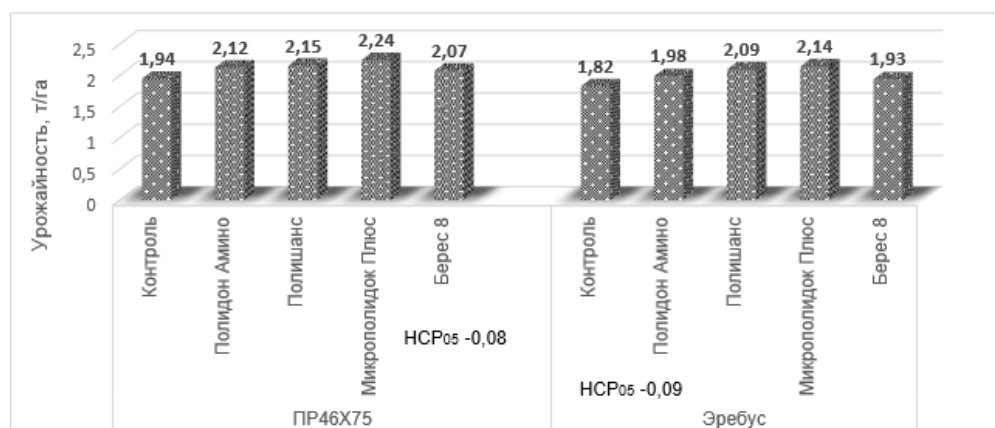


Рис. 1 – Урожайность рапса ярового, в зависимости от некорневой обработки микроудобрениями (2023-2024 гг.)
Fig. 1 – Spring rapeseed yield depending on foliar treatment with micronutrient fertilizers (2023-2024)

Таблица 1 – Структурные элементы урожайности ярового рапса в зависимости от листовой обработки микроудобрениями (2023-2024 гг.)

Сорт/Гибрид	Вариант	Число стручков на растении, шт.	Число семян в стручке, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Эребус	Контроль	40,4	18,5	1,96	4,16
	Микрополидок Плюс	56,0	22,0	3,69	4,54
	Полидон Амино	58,9	23,3	3,27	4,37
	Полишанс	50,3	20,5	2,65	4,46
	Берес 8	43,9	21,1	2,19	4,26
	НСР ₀₅	3,7	2,1	0,33	0,06
Эребус	Контроль	46,3	21,6	2,20	4,50
	Микрополидок Плюс	53,5	28,4	3,07	4,91
	Полидон Амино	53,4	26,1	2,97	4,83
	Полишанс	49,9	27,1	2,73	4,56
	Берес 8	51,9	22,0	2,38	4,68
	НСР ₀₅	4,2	0,9	0,26	0,08

При некорневой обработке гибрида PR46X75 наибольшие показатели элементов структуры урожая отмечены в варианте с использованием микроудобрения Микрополидок Плюс, где количество стручков на растении достигало 53,5 штук, число семян в стручке – 28,4 штук, масса семян с растения и 1000 семян – соответственно 3,07 и 4,91 г.

Несущественно от него отличался вариант с обработкой препаратом Полидон Амино, в котором значения структурных элементов урожая были ниже вышеописанного варианта на: число

стручков на растении – 0,1 штук, число семян в стручке – на 2,3 штук, масса семян с растения – на 0,10 г и масса 1000 семян – на 0,08 г.

При оценке качественных показателей сорта и гибрида рапса ярового выявлено, что применяемые микроэлементные удобрения в качестве фоллиарной обработки растений увеличивали содержание жира в семенах у Эребуса до 41,1-45,2 %, у гибрида – до 43,2-46,6 %, при масличности семян в вариантах без обработки 40,9 и 42,8 % соответственно (рис. 2).

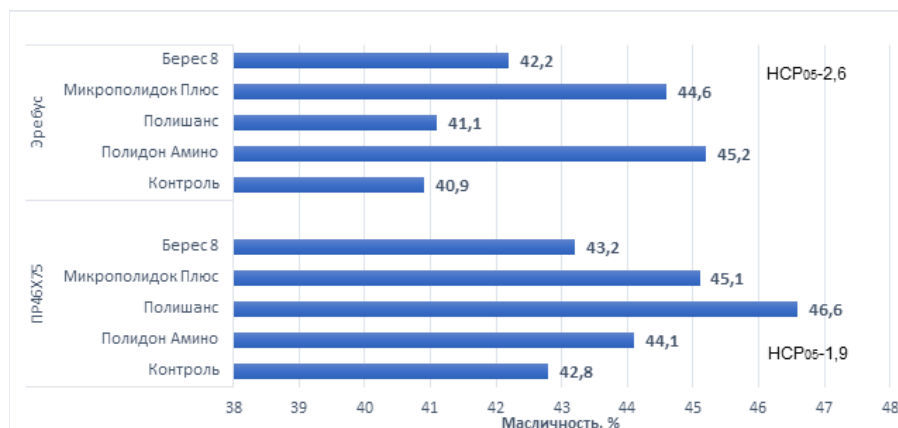


Рис. 2 – Содержание жира в семенах рапса ярового в зависимости от некорневой обработки микроудобрениями (2023-2024 гг.)
Fig. 2 – Oil content in spring rape seeds depending on foliar treatment with microfertilizers (2023-2024)



Наиболее высокий показатель масличности у сорта Эребус отмечен в вариантах с применением удобрений Полидон Амино (45,2 %) и Микрополидок Плюс (44,6 %), прибавка относительно контрольного варианта была существенной и составила 3,7 и 4,3 %, при наименьшей существенной разнице 2,6 %.

При фоллиарной обработке гибрида ПР46Х75 наиболее эффективными были препараты Ми-

крополидок Плюс и Полишанс, в вариантах с их использованием отмечен наиболее высокий уровень маслонакопления, который достигал 45,1 и 46,6 %, что достоверно превышало значения масличности в варианте без обработки на 2,3 и 3,8 %.

При оценке качества масличного сырья большое внимание уделяется содержанию в маслосеменах рапса глюкозинолатов и эруковой кислоты (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели качества маслосемян ярового рапса в зависимости от листовой обработки микроудобрениями (2023-2024 гг.)

Сорт/Гибрид	Вариант	Содержание глюкозинолатов		Содержание эруковой кислоты, %
		ммоль/г	%	
Эребус	Контроль	12,7	0,54	0,92
	Микрополидок Плюс	9,9	0,42	0,20
	Полидон Амино	9,9	0,42	0,48
	Полишанс	12,5	0,53	0,22
	Берес 8	17,5	0,74	0,16
ПР46Х75	Контроль	10,6	0,45	0,20
	Микрополидок Плюс	11,5	0,49	0,13
	Полидон Амино	9,8	0,42	0,18
	Полишанс	12,4	0,53	0,16
	Берес 8	12,7	0,54	0,31

Содержание глюкозинолатов в семенах рапса нормирует ГОСТ Р 52325-2005, по данным которого их концентрация не должна превышать 25 мкмоль/г семян или 6,0 %. В наших исследованиях содержание глюкозинолатов варьировало от 9,9 до 17,5 ммоль/г (0,42-0,74 %) у сорта Эребус и от 9,8 до 12,7 ммоль/г (0,42-0,54 %) у гибрида ПР46Х75, что является показателем безопасности использования семян рапса. Наиболее низкая концентрация глюкозинолатов (9,8 и 9,9 ммоль/г) отмечена в вариантах с применением удобрений Микрополидок Плюс и Полидон Амино.

Содержание эруковой кислоты зависит главным образом от сорта, которая составила у сорта Эребус 0,92 %, у гибрида ПР46Х75 – 0,20 %. Применение микроудобрений незначительно повлияло на изменение процента данной кислоты в большую или меньшую сторону. По результатам исследования обработка растений сорта Эребус способствовала снижению эруковой кислоты, уровень которой изменялся от 0,16 % в варианте с использованием препарата Берес 8 до 0,48 % в варианте с удобрением Полидон Амино. При применении микроудобрений на посевах гибрида ПР46Х75 содержание эруковой кислоты варьировало в пределах от 0,13 % (Микрополидок Плюс) до 0,31 % (Берес 8).

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Некорневая подкормка микроудобрениями способствует формированию наиболее высокой урожайности семян ярового рапса, обеспечивает

прибавку 0,13-0,30 т/га или 6,7-15,5 % у гибрида ПР46Х75 и 0,11-0,32 т/га (6,1-17,6 %) – у сорта Эребус относительно урожайности в варианте без обработки.

2. Наибольшей отзывчивостью рапс характеризовался на обработку микроудобрением Микрополидок Плюс, где была получена наибольшая урожайность гибрида ПР46Х75 (2,24 т/га) и сорта Эребус (2,14 т/га), что подтверждают и наибольшие значения элементов структуры урожая.

3. Наибольшая масличность семян сорта Эребус – 45,2 и 44,6 % была отмечена при опрыскивании посевов микроэлементными удобрениями Полидон Амино и Микрополидок Плюс; максимальное содержание жира в семенах гибрида ПР46Х75 (45,1 и 46,6 %) образовалось в вариантах с обработкой препаратами Микрополидок Плюс и Полишанс. Прибавка относительно контрольного варианта составила 3,7-4,3 % и 2,3-3,8 %.

4. Содержание глюкозинолатов в семенах рапса не превышало нормативных критериев и варьировало от 9,8-9,9 до 12,7-17,5 ммоль/г, с минимальным значением в вариантах с использованием удобрений Микрополидок Плюс и Полидон Амино.

5. Наибольшей эффективностью и существенно большим преимуществом по формированию урожайности и накоплению масла в семенах рапса ярового как сорта Эребус, так и гибрида ПР46Х75 отличался препарат Микрополидок Плюс.

Список источников

1. Баматов, И.М. Оценка применения стимуляторов роста и минеральных удобрений при возделывании ярового рапса / И.М. Баматов, И.Л. Даудов //



Аграрная Россия. – 2025. – № 4. – С. 39-43. – DOI: 10.30906/1999-5636-2025-4-39-43

2. Бопп, В.Л. Влияние микроудобрения Ультрамаг Комби для масличных на продукционный потенциал ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи / В.Л. Бопп, Н.Л. Кураченко, А.Н. Халипский, Д.Н. Ступницкий, А.В. Коломейцев, Я.В. Смольникова // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – № 10. – С. 56-60. – DOI: 10.53859/02352451_2021_35_10_56.

3. Васильев, А.Н. Влияние приемов предпосевной обработки почвы на урожайность ярового рапса в Среднем Предуралье / А.Н. Васильев, А.С. Богатырёва, Э.Д. Акманаев // Пермский аграрный вестник. – 2025. – № 1 (49). – С. 31-37. – DOI: 10.47737/2307-2873_2025_49_31.

4. Гулидова, В.А. Жирнокислотный состав масла озимого и ярового рапса в условиях Липецкой области / В.А. Гулидова // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2024. – № 4(34). – С. 30-35. – DOI: 10.24888/2541-7835-2024-34-4-30-35.

5. Засядько, С.В. Влияние листовых подкормок микроэлементами на урожайность ярового рапса в ЦЧР / С.В. Засядько, С.В. Кадыров // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 15. – № 4(75). – С. 20-29. – DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_4_20-29.

6. Кузнецова, Г.Н. Сравнительная оценка сортов и гибридов рапса ярового в условиях Западной Сибири / Г.Н. Кузнецова, Полякова Р.С. // Зерновое хозяйство России. – 2024. – № 1. – С. 55-60. – DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-55-60.

7. Лебедев, Д.В. Агрономическая эффективность выращивания подсолнечника и ярового рапса с применением гербицидов имидазолиновой группы / Д.В. Лебедев, Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, О.А. Дубровина // Вестник НГАУ. – 2024. – № 2 (71). – С. 94-101. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-71-2-94-101.

8. Ломонос, О.Л. Анализ приемов увеличения производства маслосемян рапса и их экологическая составляющая / О.Л. Ломонос, М.М. Ломонос // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2025. – № 1. – С. 67-76. – DOI: 10.46646/2521-683X/2025-1-67-76.

9. Лукомец, В.М. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, В.Ф. Баранов и др. – Краснодар: ВНИИМК, 2010. – 323 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21792553>.

10. Лупова, Е.И. Агроэкологическая оценка применения регулятора роста при возделывании ярового рапса и подсолнечника в южной части Нечерноземной зоны [Электрон. ресурс] / Е.И. Лупова, Д.В.

Лебедев // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2025. – № 1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/1/st_123.pdf - DOI: 10.51419/202151123.

11. Поликарпов, А.С. Динамика разрушения инсектицидного препарата в растениях ярового рапса при применении с бором и молибденом / А.С. Поликарпов, И.Н. Гаспарян // Плодородие. – 2025. – № 2 (143). – С. 54-58. – DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.12.

12. Постовалов, А.А. Продуктивность, масличность и жирнокислотный состав различных сортов ярового рапса в Курганской области / А.А. Постовалов // Вестник Курганской ГСХА. – 2024. – № 1 (49). – С. 3-13. – EDN: IFMOBQ.

13. Прахова, Т.Я. Агроэкологическая оценка сортов рапса ярового в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Т.Я. Прахова, Ф.П. Четвериков, А.В. Летучий // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 3. – С. 47-54. – DOI: 10.28983/asj.y2024i3pp47-54.

14. Чебатарева, А.П. Комплексная оценка хозяйственно-ценных признаков перспективных сортов и линий ярового рапса в условиях юга Западной Сибири / А.П. Чебатарева, С.В. Жаркова, М.В. Чебатарева, Н.А. Шпагин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1 (243). – С. 10-18. – DOI: 10.53083/1996-4277-2025-243-1-10-18.

15. Чернышова, О.О. Воздействие минеральных удобрений и микробиологического препарата на урожайность и питательность рапса ярового / О.О. Чернышова, В.В. Вахрушева, Е.Н. Прядильщикова // Агрозоотехника. – 2025. – № 1 (8). – С. 1-11. – DOI: 10.15838/alt.2025.8.1.3.

16. Шлеева, М.Ю. Влияние внекорневых обработок микроудобрениями на элементы структуры и урожайность рапса сорта "Риф" в условиях лесостепи ЦЧР / М.Ю. Шлеева // Агропромышленные технологии центральной России. – 2019. – № 3 (13). – С. 55-62. – DOI: 10.24888/2541-7835-2019-13-55-62.

17. Kalantar Ahmadi, S.A. Foliar Application of Growth Regulators Mitigates Harmful Effects of Drought Stress and Improves Seed Yield and Oil Quality of Rapeseed (*Brassica napus* L.) / S.A. Kalantar Ahmadi, H. Eyni-Nargeseh // Gesunde Pflanzen. – 2023. – № 6 (75). – P. 2449-2462. – DOI: 10.1007/s10343-023-00907-3.

18. Manentzos, A.N. Low prevalence of secondary endosymbionts in aphids sampled from rapeseed crops in Germany / A.N. Manentzos, A.M.C. Pahl, P. Melloh, E.A. Martin, D.J. Leybourne // Bulletin of Entomological Research. – 2024. – № 2 (114). – P. 254-259. – DOI: 10.1017/S0007485324000063.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Bamatov, I.M. Otsenka primeneniya stimulyatorov rosta i mineral'nykh udobreniy pri vzdelyvanii yarovogo rapsa / I.M. Bamatov, I.L. Daudov // Agrarnaya Rossiya. – 2025. – № 4. – С. 39-43. – DOI: 10.30906/1999-5636-2025-4-39-43

2. Bopp, V.L. Vliyaniye mikroudobreniya Ul'tramag Kombi dlya maslichnykh na produktsionnyy potentsial yarovogo rapsa v usloviyakh Krasnoyarskoy lesostepi / V.L. Bopp, N.L. Kurachenko, A.N. Khalipskiy, D.N. Stupnitskiy, A.V. Kolomeytsev, YA.V. Smol'nikova // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2021. – № 10. – С. 56-60. – DOI: 10.53859/02352451_2021_35_10_56.

3. Vasil'iev, A.N. Vliyaniye priyemov predposevnoy obrabotki pochvy na urozhaynost' yarovogo rapsa v Srednem Predural'ye / A.N. Vasil'yev, A.S. Bogatyrova, E.D. Akmanayev // Permskiy agrarnyy vestnik. – 2025. – № 1 (49). – С. 31-37. – DOI: 10.47737/2307-2873_2025_49_31.



4. Gulidova, V.A. Zhirnokislotnyy sostav masla ozimogo i yarovogo rapsa v usloviyakh Lipetskoy oblasti / V.A. Gulidova // *Agropromyshlennyye tekhnologii Tsentral'noy Rossii*. – 2024. – № 4(34). – S. 30-35. – DOI: 10.24888/2541-7835-2024-34-4-30-35.
5. Zasyad'ko, S.V. Vliyaniye listovykh podkormok mikroelementami na urozhaynost' yarovogo rapsa v TSCHR / S.V. Zasyad'ko, S.V. Kadyrov // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2022. – T. 15. – № 4(75). – S. 20-29. – DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_4_20-29.
6. Kuznetsova, G.N. Sravnitel'naya otsenka sortov i gibridov rapsa yarovogo v usloviyakh Zapadnoy Sibiri / G.N. Kuznetsova, Polyakova R.S. // *Zernovoye khozyaystvo Rossii*. – 2024. – № 1. – S. 55-60. – DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-55-60.
7. Lebedev, D.V. Agronomicheskaya effektivnost' vyrashchivaniya podsolnechnika i yarovogo rapsa s primeneniym gerbitsidov imidazolinonovoy gruppy / D.V. Lebedev, T.V. Zubkova, D.V. Vinogradov, O.A. Dubrovina // *Vestnik NGAU*. – 2024. – № 2 (71). – S. 94-101. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-71-2-94-101.
8. Lomonos, O.L. Analiz priyemov uvelicheniya proizvodstva maslosemyan rapsa i ikh ekologicheskaya sostavlyayushchaya / O.L. Lomonos, M.M. Lomonos // *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya*. – 2025. – № 1. – S. 67-76. – DOI: 10.46646/2521-683X/2025-1-67-76.
9. Lukomets, V.M. Metodika provedeniya polevykh i agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami / V.M. Lukomets, N.M. Tishkov, V.F. Baranov i dr. – Krasnodar: VNIIMK, 2010. – 323 s. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21792553>.
10. Lupova, Ye.I. Agroekologicheskaya otsenka primeneniya regulatora rosta pri vozdeystvii yarovogo rapsa i podsolnechnika v yuzhnoy chasti Nechernozemnoy zony [Elektron. resurs] / Ye.I. Lupova, D.V. Lebedev // *AgroEkoInfo: Elektronnyy nauchno-proizvodstvennyy zhurnal*. – 2025. – № 1. – Rezhim dostupa: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/1/st_123.pdf - DOI: 10.51419/202151123.
11. Polikarpov, A.S. Dinamika razrusheniya insektitsidnogo preparata v rasteniyakh yarovogo rapsa pri primenenii s borom i molibdenom / A.S. Polikarpov, I.N. Gasparyan // *Plodorodiye*. – 2025. – № 2 (143). – S. 54-58. – DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.12.
12. Postovalov, A.A. Produktivnost', maslichnost' i zhirnokislotnyy sostav razlichnykh sortov yarovogo rapsa v Kurganskoj oblasti / A.A. Postovalov // *Vestnik Kurganskoy GSKHA*. – 2024. – № 1 (49). – S. 3-13. – EDN: IFMOBQ.
13. Prakhova, T.YA. Agroekologicheskaya otsenka sortov rapsa yarovogo v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya / T.YA. Prakhova, F.P. Chetverikov, A.V. Letuchiy // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. – 2024. – № 3. – S. 47-54. – DOI: 10.28983/asj.y2024i3pp47-54.
14. Chebatarev, A.P. Kompleksnaya otsenka khozyaystvenno-tsennykh priznakov perspektivnykh sortov i liniy yarovogo rapsa v usloviyakh yuga Zapadnoy Sibiri / A.P. Chebatarev, S.V. Zharkova, M.V. Chebatareva, N.A. Shpagin // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2025. – № 1 (243). – S. 10-18. – DOI: 10.53083/1996-4277-2025-243-1-10-18.
15. Chernyshova, O.O. Vozdeystviye mineral'nykh udobreniy i mikrobiologicheskogo preparata na urozhaynost' i pitatel'nost' rapsa yarovogo / O.O. Chernyshova, V.V. Vakhrusheva, Ye.N. Pryadil'shchikova // *Agrozootekhnika*. – 2025. – № 1 (8). – S. 1-11. – DOI: 10.15838/alt.2025.8.1.3.
16. Shleyeva, M.YU. Vliyaniye vnekornevykh obrabotok mikroudobreniyami na elementy struktury i urozhaynost' rapsa sorta "Rif" v usloviyakh lesostepi TSCHR / M.YU. Shleyeva // *Agropromyshlennyye tekhnologii tsentral'noy Rossii*. – 2019. – № 3 (13). – S. 55-62. – DOI: 10.24888/2541-7835-2019-13-55-62.
17. Kalantar Ahmadi, S.A. Foliar Application of Growth Regulators Mitigates Harmful Effects of Drought Stress and Improves Seed Yield and Oil Quality of Rapeseed (*Brassica napus* L.) / S.A. Kalantar Ahmadi, H. Eyni-Nargeseh // *Gesunde Pflanzen*. – 2023. – № 6 (75). – P. 2449-2462. – DOI: 10.1007/s10343-023-00907-3.
18. Manentzos, A.N. Low prevalence of secondary endosymbionts in aphids sampled from rapeseed crops in Germany / A.N. Manentzos, A.M.C. Pahl, P. Melloh, E.A. Martin, D.J. Leybourne // *Bulletin of Entomological Research*. – 2024. – № 2 (114). – P. 254-259. – DOI: 10.1017/S0007485324000063.

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

Прахова Татьяна Яковлевна, д-р с.-х. наук, гл. научн. сотрудник, зав. лабораторией интродукции редких масличных культур, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», prakhova.tanya@yandex.ru

Саджая Алексей Гонелиевич, аспирант лаборатории интродукции редких масличных культур, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», kfhs@mail.ru

Author Information

Prakhova Tatyana Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Head of the Laboratory for the Introduction of Rare Oil Crops, FSBRI «Federal Research Center for Bast Fiber Crops», prakhova.tanya@yandex.ru

Sadzhaya Aleksey G., postgraduate student of the Laboratory of Introduction of Rare Oil Crops, FSBRI «Federal Research Center for Bast Fiber Crops», kfhs@mail.ru

Статья поступила в редакцию 08.07.2025; одобрена после рецензирования 08.08.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 08.07.2025; approved after reviewing 08.08.2025; accepted for publication 15.09.2025.



Вестник РГАТУ, 2025, т.17, №3, с. 39-47
Vestnik RGATU, 2025, Vol.17, №3, pp.39-47

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.2.034
DOI: 10.36508/RSATU.2025.29.95.006

БИОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛОШАДЕЙ С ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТЬЮ

Людмила Дмитриевна Самусенко¹✉, Андрей Валентинович Мамаев², Никита Вячеславович Мурленков³, Даниил Александрович Федяев⁴

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «Орловский Государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»,
г. Орел, Россия

¹ ldsamusenko@mail.ru

² shatone@mail.ru

³ lchr98@yandex.ru

⁴ daniilfediaev25@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Статья посвящена исследованию влияния экстерьерных признаков на работоспособность лошадей русской рысистой породы. Для поддержания высокого уровня работоспособности русских рысаков применяется тщательный отбор родительских пар, основанных на учете экстерьерных характеристик, оказывающих непосредственное влияние на резвость. Разнообразные методы анализа, основанные на пропорциях тела (промерах), позволяют объективно оценивать способность лошади развивать скоростные качества. Целью работы было установление закономерностей, связывающих основные промеры с уровнем резвости лошадей.

Методология. Методы анализа включали расчет коэффициентов корреляции, построение регрессионных моделей и проведение дисперсионного анализа.

Результаты. Основные результаты свидетельствуют о наличии значительных положительных и отрицательных корреляций между отдельными признаками и резвостью. Установлено, что мощность конечностей (обхват пясти) оказывает наибольшее положительное воздействие на работоспособность: $+0,510$ ($p < 0,01$), тогда как размеры груди и высота в холке отрицательно сказывались на скоростных качествах на уровне $-0,212$ и $-0,316$ ($p < 0,05$) соответственно. Дисперсионный анализ показывает, что модель, включающая обхват пясти, обхват груди, высоту в холке и косую длину туловища, является статистически значимой в предсказании резвости ($F=12,050$, $p < 0,001$). Сумма квадратов регрессии составляет 554,693, а остатка – 517,859, что указывает на хорошее объяснение вариации резвости с помощью данных характеристик. Модель множественной регрессии показала, что совокупное влияние выбранных экстерьерных признаков объясняет значительную долю вариации резвости ($R^2=0,517$), что делает возможным использование этих параметров. Кроме того, нестандартизованные коэффициенты множественной регрессии демонстрировали, что обхват пясти обладает значимым положительным влиянием на резвость, где увеличение на одну единицу связано с увеличением резвости на 1,280. Напротив, обхват груди и высота в холке оказывают негативное влияние на резвость, с коэффициентами $-0,149$ и $-0,316$ соответственно, что может указывать на то, что увеличение данных параметров ассоциируется с ухудшением показателей работоспособности.

Заключение. Проведенный биостатистический анализ позволил установить новые значения коэффициентов корреляции между показателями промеров и резвостью лошадей русской рысистой породы. Так, при значении обхвата груди 185,3 см и высоты в холке 162,5 см показатель работоспособности уменьшается, коэффициент корреляции составляет $-0,212$ и $-0,060$ соответственно. Показатели косая длина туловища 166,6 см и обхват пясти 20,6 см демонстрируют положительное влияние на работоспособность лошади с коэффициентами корреляции $+0,559$ и $+0,510$ соот-



ветственно, обозначая, что увеличение данных значений способствует улучшению скоростных качеств лошадей. Модель множественной регрессии указывает, что совокупное влияние выбранных экстерьерных признаков объясняет значительную долю вариации резвости ($R^2=0,517$), что делает возможным использование этих параметров для прогнозирования работоспособности лошадей и оптимизации процесса их разведения. В целом, выявленные зависимости позволяют сделать вывод о том, что экстерьерные признаки, такие как обхват пясти и косая длина, являются критически важными для работоспособности лошадей данной породы, в то время как обхват груди и высота в холке могут играть менее значимую роль, хотя их влияние также требует дальнейшего рассмотрения.

Ключевые слова: экстерьерные признаки, промеры, русская рысистая порода, резвость, корреляционный анализ, регрессионный анализ, дисперсионный анализ, работоспособность лошадей

Для цитирования: Самусенко Л.Д., Мамаев А.В., Мурленков Н.В., Федяев Д.А. Биометрическое моделирование взаимосвязи экстерьерных показателей лошадей с их работоспособностью // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С.39-47 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.29.95.006>

Original article

BIOMETRIC MODELING OF THE RELATIONSHIP BETWEEN EXTERIOR INDICES OF HORSES AND THEIR WORK CAPACITY

Lyudmila D. Samusenko¹✉, Andrey V. Mamaev², Nikita V. Murlenkov³, Daniil A. Fedyaev⁴

^{1,2,3,4} Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

¹ ldsamusenko@mail.ru

² shatone@mail.ru

³ lchr98@yandex.ru

⁴ daniilfedyaev25@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The article focuses on investigating the influence of exterior traits on the performance of Russian trotter breed horses. To maintain a high level of working ability in Russian trotters, careful selection of parent pairs based on exterior characteristics that directly affect speed is applied. Various analytical methods based on body proportions (measurements) allow for an objective assessment of a horse's capability to develop speed qualities. The purpose of this study was to establish patterns linking main measurements with the level of speediness in horses.

Methodology. Analytical methods included calculating correlation coefficients, constructing regression models, and conducting analysis of variance.

Results. Main results indicate significant positive and negative correlations between individual traits and speed. It has been established that limb power (cannon bone circumference) has the greatest positive impact on working ability: $+0.510$ ($p < 0.01$), while chest size and height at the withers negatively affected speed abilities at levels of -0.212 and -0.316 ($p < 0.05$), respectively. Analysis of variance shows that a model including cannon bone circumference, chest girth, height at the withers, and oblique trunk length is statistically significant in predicting speed ($F = 12.050$, $p < 0.001$). The sum of squares of regression is 554.693, and residual sum of squares is 517.859, indicating good explanation of variation in speed using these characteristics. Multiple regression model showed that combined effects of selected exterior traits explain a substantial proportion of variability in speed ($R^2 = 0.517$), making it possible to use these parameters. Moreover, unstandardized multiple regression coefficients demonstrated that cannon bone circumference has a significant positive effect on speed, where one unit increase corresponds to a 1.280 increase in speed. Conversely, chest girth and height at the withers have a negative effect on speed, with coefficients of -0.149 and -0.316 , respectively, suggesting that increases in these parameters are associated with reduced performance indicators.

Conclusion. The conducted biostatistical analysis allowed establishing new values of correlation coefficient parameters between measurement indicators and speed of Russian trotter breed horses. Thus, when chest girth measures 185.3 cm and height at the withers reaches 162.5 cm, the indicator of working ability decreases, with correlation coefficients being -0.212 and -0.060 , respectively. Indicators such as oblique trunk length (166.6 cm) and cannon bone circumference (20.6 cm) demonstrate a positive influence on working ability, with correlation coefficients of $+0.559$ and $+0.510$, respectively, which indicates that increasing these values contributes to improving speed qualities of horses. The multiple regression model suggests that combined influences of selected exterior traits account for a considerable portion of speed variability ($R^2 = 0.517$), allowing for the practical application of these parameters in forecasting horse performance and optimizing breeding processes. Overall, identified dependencies lead to the conclusion that exterior traits like cannon bone circumference and oblique trunk length are critically important for the working ability of horses



of this breed, whereas chest girth and height at the withers may play less significant roles, although further consideration of their impacts remains necessary.

Key words: exterior traits, body measurements, Russian Trotter breed, speed, correlation analysis, regression analysis, analysis of variance, horse performance

For citation: Samusenko L.D., Mamaev A.V., Murlenkov N.V., Fedyaev D.A. Biometric modeling of the relationship between the exterior indicators of horses and their work capacity // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2025. Vol. 17, No.3, P.39-47 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.29.95.006>

Введение

Направленная племенная работа в коневодстве является ключом для совершенствования пород лошадей. Одним из главных оцениваемых показателей в коневодстве является резвость, которая характеризует работоспособность лошади и является сопоставимой характеристикой работоспособности [20]. Резвость как признак отбора подчиняется основным законам генетики популяций, обладает высокой степенью наследуемости, что делает возможным вести целенаправленную и более эффективную племенную работу [2, 3, 13].

В практической селекционной работе необходимо усилить внимание к отбору и подбору лошадей по резвости. Отбор по резвости будет усиливать отбор по работоспособности. Существует достаточно высокая корреляция между резвостью и скаковым классом лошадей, скаковой класс без высокой резвости невозможен [4, 6, 12]. Русская рысистая порода является одной из ведущих отечественных пород, характеризующейся высокими скоростными качествами и выносливостью. Данная порода выведена путем скрещивания орловских рысаков с американскими стандартбредами, благодаря чему приобрела уникальные экстерьерные особенности, позволяющие скакунам успешно реализовывать свой потенциал на международных состязаниях [5, 8, 17]. Ключевыми элементами экстерьера и конституции русской рысистой породы являются сочетание статей тела, оптимальное отношение отдельных промеров друг к другу, обеспечивающих высокую работоспособность животных [11, 16, 19].

Для поддержания высокого уровня работоспособности русских рысаков применяется тщательный отбор родительских пар, основанный на учете экстерьерных характеристик, оказывающих непосредственное влияние на резвость [14, 18, 19]. Разнообразные методы анализа, основанные на пропорциях тела (промерах), позволяют объективно оценивать способность лошади развивать скоростные качества [4, 10].

Именно такой подход стал предметом ряда значимых исследований. Например, исследование Алексеевой Е.И., Абрамовой Н.В. и Федоровой Н.Е. [1] фокусировалось на изучении взаимосвязи экстерьерных особенностей и скорости бега жеребцов. Авторы отмечают, что животные с длинной шеей и глубокими грудными мышцами демонстрируют лучшие скоростные качества. Определены оптимальные соотношения роста, длины конечностей и ширины грудной клетки, обеспечивающие наилучшие спортивные результаты. Полученные выводы подтверждают важность экстерьерных критериев при отборе производителей для племенной работы, поскольку правильные пропорции способ-

ствуют формированию успешных представителей породы.

Заболотной Е.С. и Рудишиной Н.М. [7] проведено исследование среди жеребцов орловской рысистой породы, где была установлена положительная корреляция между ростом в холке и показателями резвости. Также отмечено, что длинные ноги и глубокое тело оказывают положительное влияние на резвость лошади. Доказана роль линии происхождения в развитии специфических экстерьерных черт, влияющих на эффективность двигательной деятельности. Полученные данные позволяют определить критерии выбора перспективных особей, наиболее пригодных для воспроизводства и дальнейшего совершенствования породы.

В другой работе Тарчоков Т.Т. и др. [16] рассмотрели экстерьерные признаки у лошадей различного генотипа, оценивая, насколько типичные черты зависят от наследственных факторов. Так, выявлены четкие различия в экстерьерных характеристиках между лошадьми разной генетики, что влияет на рабочие качества. Обнаружено, что длинноногий, сухой тип телосложения характерен для быстрых пород, тогда как компактное, мускулистое строение связано с большей силой и выносливостью. Данные выводы весьма значимы для селекционеров и заводчиков, позволяя выявлять причины вариативности экстерьерных признаков и целенаправленно влиять на улучшение характеристик потомства путем подбора пар с нужными генетическими маркерами.

Калинкина Г.В. и др. [9] продолжили тему, исследуя распределение внутривидовых типов среди лошадей русской рысистой породы. Им удалось установить, что различия в экстерьерных параметрах связаны с региональными условиями и методами тренировки, что подтверждает гипотезу о значимости условий окружающей среды для формирования фенотипических характеристик.

Таким образом, углубление понимания взаимосвязи между экстерьером и работоспособностью открывает возможности для эффективной селекции и тренировок, способствующих развитию русских рысаков мирового класса. Будущие исследования должны сосредоточиться на расширении базы данных промеров и проведении долгосрочных экспериментов для лучшего понимания динамики развития лошадей на протяжении жизни.

Цель – проведение биометрического моделирования взаимосвязи промеров и резвости (работоспособности) лошадей в изменившихся условиях ведения племенной работы.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования служили лошади (ко-



были) русской рысистой породы в количестве 50 животных, разводимых на «Злыньском племенном конезаводе». Возраст животных составил от 4-х до 8 лет.

Процедура снятия линейных промеров у лошадей осуществлялась в соответствии с установленными правилами зоотехнических исследований. Промеры фиксировались с соблюдением общепринятых требований, изложенных в учебной литературе [15].

Высоту в холке определяли как вертикальное расстояние от уровня грунта до вершины холки лошади. Мероприятие выполнялось с применением ростомера, оборудованного горизонтальной штангой. Штангу устанавливали горизонтально над холкой животного, фиксируя нижнюю границу штанги на высоте, соответствующей положению измерительной головки прибора. Полученные значения регистрировали в сантиметрах.

Косую длину туловища измеряли, фиксируя прямую линию от крайней передней точки лопаточно-плечевого сочленения до седалищного бугра. Применялась гибкая эластичная лента, которой накрывали корпус лошади по прямой траектории. Особое внимание уделялось фиксации начальной и конечной точек измерения с наименьшей возможной погрешностью.

Обхват груди определялся как окружность грудной клетки лошади в самом глубоком месте сразу за локтевым суставом. Для замера использовали эластичную ленту, плотно облегающую грудную клетку животного по линии подмышечных впадин, избегая чрезмерного сдавления мягких тканей. Полученные значения выражались в сантиметрах.

Обхват пясти служил индикатором прочности костяка и сухожильно-связочного аппарата. Его определяли, измеряя поперечник нижней части передней ноги лошади немного выше верхнего края запястного сустава. Манипуляции проводились мягким материалом, который осторожно прикладывался к кожным покровам конечности животного, не создавая ощутимого дискомфорта. Регистрируемым результатом было среднее арифметическое значение измерений обеих передних конечностей.

Замеры осуществлялись индивидуально для каждой особи, дублировались дважды для подтверждения правильности результата. Данные вносились в бонитировочную таблицу с обязательным указанием индивидуального номера животного, возраста, пола и породной принадлежности. Все манипуляции проводили специалисты, прошедшие соответствующую подготовку в сфере зоотехнического учёта и опытной работы с лошадьми.

Изучение работоспособности (резвости) лошадей проводилось в соответствии с общепринятыми нормами испытаний рабочих качеств животных, принятыми в спортивном и прикладном коневодстве.

Испытания организовывались на специальных тестовых трассах. Для тестирования использовалась специальная дистанционная разметка, контроль скорости движения животных обеспечивало электронно-измерительное оборудование (секундомеры).

Животных запускали по трассе определенной протяженности (1600 м), предварительно разбивая их на группы одинаковых возрастных категорий и классов подготовки. Каждое испытание сопровождалось регистрацией промежуточных времен прохождения дистанции, что позволило получать точные временные показатели движения лошади.

Каждый случай тестирования проходил регистрацию отдельно для каждой лошади. Собранные результаты группировались по индивидуальным карточкам животных.

Вышеуказанные мероприятия проводились экспертами-конниками, имеющими соответствующий профессиональный стаж и квалификацию в испытании лошадей. Испытания проводились систематически и последовательно.

При анализе показателей появилась необходимость перевода величины резвости. Например, значение «2.03,3» обычно используется в скачках для обозначения времени, затраченного лошадью на прохождение дистанции, выраженное в минутах и секундах. Следовательно, чтобы статистически обосновать влияние промеров на резвость, была использована расшифровка: первая цифра (2) – количество минут; вторая группа цифр (03) – секунды; третья цифра (3) – десятые доли секунды. Такой способ измерения часто применяется для фиксации результата на стандартных дистанциях – при прохождении одного круга ипподрома (около 1600 м). Таким образом, для анализа будут использоваться значения, выраженные в секундах – 123,3 секунд (согласно примеру).

Содержались лошади в отдельных денниках площадью не менее 12-15 м², оборудованных подстилкой из соломы. Окружающий микроклимат поддерживался стабильным: температурный режим соответствовал оптимальным показателям (около +15...+20° С).

Рационы разрабатывались индивидуально для каждой лошади с учетом ее веса, возраста, интенсивности тренировочной нагрузки и энергетических потребностей. Основу рациона составляла высококачественная зерносмесь (овес, кукуруза, пшеница). Ежедневная норма водопотребления варьировала от 30 до 50 литров чистой питьевой воды комнатной температуры. Вода постоянно присутствовала в свободном доступе, водоснабжение проходило через автоматические поилки или вручную наполняемую емкость.

Контроль состояния упитанности и динамики изменений живой массы проводился ежемесячно взвешиванием и визуальным наблюдением, что позволяло корректировать рацион в зависимости от потребности организма.

Для изучения взаимосвязей между экстерьером и работоспособностью использовался комплекс методов биометрии. Расчет коэффициента корреляции по Пирсону проводился между основными промерами и рабочей характеристикой животных (резвостью), дополнительно проверялась значимость выявленных связей.

Для детального исследования влияния каждого отдельного фактора на рабочую характеристику был проведен однофакторный дисперсионный ана-



лиз (ANOVA), позволяющий оценить, существуют ли статистически значимые различия в среднем уровне работоспособности в зависимости от конкретных типов промеров.

Выполнялся также регрессионный анализ, целью которого было выявление степени влияния указанных экстерьерных признаков на рабочие качества лошадей. Была построена линейная регрессия, оценивающая вклад каждого промера в изменение резвости животных. Использование метода множественной регрессии позволило учесть одновременное влияние всех факторов на итоговую производительность лошадей и рассчитать соответствующие уравнения регрессии.

Графики и диаграммы, созданные средствами программы SPSS, позволили визуализировать распределение признаков, характер взаимодействия переменных и подтвердить качественные выводы на наглядных примерах.

Результаты исследований и их обсуждение

Изучив данные, представленные в таблицах

1-3, можно выделить несколько ключевых экстерьерных признаков лошадей русской рысистой породы, таких как обхват груди, обхват пясти, высота в холке и косая длина туловища, и их влияние на работоспособность, измеряемую по резвости. В таблице 1 отображены средние значения указанных экстерьерных показателей и рабочей (резвостной) характеристики лошадей. Средняя резвость по выборке составила 124,1340± сек., с умеренным разбросом результатов (СКО: 4,67855). Средний рост в холке – 162,56 см, имея лишь небольшие колебания (СКО: 3,91835), что свидетельствует о гомогенности группы по данному признаку. Косая длина туловища в среднем равна 166,61 см, с допустимым диапазоном изменений порядка ±5,9 (СКО: 5,89819). Обхват груди в среднем составляет 185,32 см, хотя размах существенно больше (±7,75), что подчеркивает наличие индивидуальных различий в физическом развитии лошадей. Средняя ширина обхвата пясти составляет 20,62 см, почти не меняясь внутри выборки (СКО: 1,34225).

Таблица 1 – Средние показатели работоспособности и экстерьерных качеств лошадей (n=50)

Показатели	Резвост	Промеры			
		Высота в холке	Косая длина туловища	Обхват груди	Обхват пясти
M±m	124,1340±	162,5600±	166,6100±5,9	185,3200±	20,6200±
Стандартное отклонение (СКО)	4,67855	3,91835	5,89819	7,75239	1,34225

Далее была построена матрица корреляций, где представлены зависимости каждого информативного показателя. Как показывают результаты (табл. 2), существует отрицательная корреляция между обхватом груди и резвостью – с коэффициентом - 0,212, указывая на то, что увеличение размера груди может ассоциироваться с меньшей резвостью. Однако этот результат не являлся статистически значимым. В то же время для обхвата пясти наблюдается положительная значимая корреляция с резвостью: + 0,510 (p<0,01), что свиде-

тельствует о том, что более мощные конечности способствуют лучшей работоспособности кобыл. Высота в холке демонстрировала отрицательную корреляцию с резвостью: - 0,316 на уровне 0,05, показывая, что более высокие лошади могут быть менее резвыми. Косая длина туловища оказала значимое положительное влияние на резвость: + 0,371 (p<0,01) – увеличение данной взаимосвязи может способствовать улучшению скоростных качеств.

Таблица 2 – Корреляционный анализ экстерьерных характеристик и резвости лошадей

Показатели		Резвость	Высота в холке	Косая длина туловища	Обхват груди	Обхват пясти
Резвость	R	1	-0,060	0,559**	-0,212	0,510**
	p	-	0,681	0,0005	0,140	0,0005
Высота в холке	R	-0,060	1	0,361**	0,342*	0,328*
	p	0,681	-	0,010	0,015	0,020
Косая длина	R	0,559**	0,361**	1	0,121	0,589**
	p	0,0005	0,010	-	0,402	0,0005
Обхват груди	R	-0,212	0,342*	0,121	1	0,187
	p	0,140	0,015	0,402	-	0,192
Обхват пясти	R	0,510**	0,328*	0,589**	0,187	1
	p	0,0005	0,020	0,0005	0,192	-

Примечание: ** – значимость (p) на уровне 0,01 (двухсторонняя), * – значимость (p) на уровне 0,05 (двухсторонняя).



Анализ влияния экстерьерных признаков на работоспособность лошадей русской рысистой породы показал значительные зависимости между экстерьерными характеристиками и резвостью – как основной меры их работоспособности. В исследовании регрессионного анализа зависимой переменной выступала резвость, а независимыми – обхват пясти, обхват груди, высота в холке и косая длина. На основании полученных данных была сформирована модель, которая позволила выявить связь между экстерьерными показателями и работоспособностью.

Сводка модели (табл. 3) свидетельствует о том, что коэффициент корреляции (R), равный +0,719, указывает на сильную положительную

связь между переменными. Это подтверждается коэффициентом детерминации (R-квадрат), равным 0,517, который показывает, что 51,7 % вариации резвости объясняется выбранными предикторами, что является удовлетворительным показателем для описания данных в зоотехническом исследовании. Скорректированный R-квадрат на уровне 0,474 подчеркивает необходимость возможного учета дополнительных факторов, которые могут влиять на работоспособность лошадей. Стандартная ошибка оценки – 3,39234 указывала, насколько предсказанные значения резвости могут отклоняться от фактических наблюдаемых значений.

Таблица 3 – Общая оценка регрессионной модели

Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стандартная ошибка оценки
	0,719	0,517	0,474	3,39234

Чтобы определить точность соответствия данных выбранной статистической модели, был построен график вероятностей (P-P график). Рисунок 1 показывает, что стандартизированные остатки наиболее близки к теоретическим и эмпирическим вероятностям, что позволяет сделать вывод о хорошем согласовании наблюдаемых данных с предполагаемой моделью распределения. Дисперсионный анализ показывает (табл. 4), что модель, включающая обхват пясти, обхват груди, высоту в холке и косую длину туловища, является статистически значимой в предсказании резвости ($F=12,050$, $p<0,001$). Сумма квадратов регрессии составляет 554,693, а остатка – 517,859, что указывает на хорошее объяснение вариации резвости с помощью данных характеристик.

Рис. 1 – График нормальности распределения
Fig. 1 – Normality distribution graph

Таблица 4 – Анализ дисперсии для регрессии

Модель	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	p
Регрессия	554,693	4	138,673	12,050	0,0005
Остаток	517,859	45	11,508		
Всего	1072,552	49			

Основное внимание следует уделить коэффициентам предикторов в модели (табл. 5). Обхват пясти обладает значимым положительным влиянием на резвость, где увеличение на одну единицу связано с увеличением резвости на 1,280. Это подчеркивает важность мощных конечностей для достижения высокой работоспособности. Напротив, обхват груди и высота в холке оказывают негативное влияние на резвость, с коэффициентами -0,149 и -0,316 соответственно, что может указывать на то, что более крупные размеры этих параметров ассоциируются с ухудшением показателей работоспособности. Косая длина туловища демонстрирует положительное влияние на резвость с коэффициентом 0,371, обозначая, что

увеличение этой длины способствует улучшению скоростных качеств лошадей.

Сравнивая данные, можно заметить, что обхват пясти и косая длина туловища оказывают более значимое влияние на резвость по сравнению с обхватом груди и высотой в холке. Это подтверждается и расчетом стандартных ошибок, где высокая значимость коэффициента обхвата пясти указывает на его важность в модели. Таким образом, параметры, связанные с конечностями, могут оказывать более сильное влияние на работоспособность лошадей русской рысистой породы, чем параметры, связанные с общим размером или корпусом лошади.



Таблица 5 – Результаты множественной регрессии

Модель	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	p
	B	Стандартная ошибка	Бета		
(Константа)	114,873	22,181		5,179	0,000
Высота в холке	-0,316	0,141	-0,265	-2,243	0,030
Косая длина туловища	0,371	0,104	0,468	3,558	0,001
Обхват груди	-0,149	0,067	-0,247	-2,227	0,031
Обхват пясти	1,280	0,455	0,367	2,815	0,007

На основе представленных данных уравнение регрессии формулируется как:

$$114,873 - 0,316(x_1) + 0,371(x_2) - 0,149(x_3) + 1,280(x_4), \text{ где}$$

x_1 – высота в холке; x_2 – косая длина туловища; x_3 – обхват груди; x_4 – обхват пясти.

Данная модель может служить основой для дальнейших исследований, направленных на оптимизацию экстерьерных характеристик лошадей с целью повышения их работоспособности.

Заключение.

Проведенное биостатистическое моделирование позволило установить новые значения параметров коэффициентов корреляции между показателями промеров и резвостью лошадей русской рысистой породы. Так, при значении обхвата груди 185,3 см и высоты в холке 162,5 см показатель работоспособности уменьшается, коэффициент корреляции составляет -0,212 и -0,060 соответственно. Показатели косая длина туловища 166,6 см и обхват пясти 20,6 см демонстрируют положительное влияние на работоспособность лошади с коэффициентом корреляции +0,559 и +0,510 соответственно, обозначая, что увеличение данных значений способствует улучшению скоростных качеств лошадей.

Модель множественной регрессии указывает на совокупное влияние выбранных экстерьерных признаков и объясняет значительную долю вариации резвости ($R^2=0,517$), что делает возможным использование этих параметров для прогнозирования работоспособности лошадей и оптимизации процесса их разведения.

В целом, выявленные зависимости позволяют сделать вывод о том, что экстерьерные признаки, такие как обхват пясти и косая длина, являются критически важными для работоспособности лошадей данной породы, в то время как обхват груди и высота в холке могут играть менее значимую роль, хотя их влияние также требует дальнейшего рассмотрения.

Список источников

1. Алексеева, Е.И. Анализ резвостных и экстерьерных показателей жеребцов-производителей ахалтекинской породы / Е.И. Алексеева, Н.В. Абрамова, Н.Е. Федорова // Иппология и ветеринария. – 2011. – № 1. – С. 15–22.
2. Бачурина, Е.М. Оценка жеребцов-производителей орловской рысистой породы по экстерье-

ру, резвости и качеству потомства / Е.М. Бачурина, В.И. Полковникова // Пермский аграрный вестник. – 2020. – № 2 (30). – С. 107–114.

3. Ведышева, Е.В. Резвость и промеры лошадей орловской рысистой породы / Е.В. Ведышева, И.Б. Цыганок // Иппология и ветеринария. – 2011. – № 1 (1). – С. 36–39.
4. Власова, И.В. Резвость лошадей русской рысистой породы и возможность её прогнозирования / И.В. Власова, Г.А. Пелевина // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 90-летию фак. ветеринарной медицины и технологии животноводства, проведённой на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – Воронеж, 2016. – С. 58–59.

5. Гиндуллина, Г.Н. Биологические особенности орловской рысистой и русской верховой пород лошадей / Г.Н. Гиндуллина // Молодёжь и наука. – 2017. – № 4-1. – С. 2.

6. Грачев, В.С. Совершенствование генетического потенциала русского рысака в Уфимском конном заводе / В.С. Грачев, А.И. Бурим // Вестник студенческого научного общества. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 171–173.
7. Заболотная, Е.С. Влияние промеров на резвость жеребцов орловской рысистой породы разных линий / Е.С. Заболотная, Н.М. Рудишина // Экологические и селекционные проблемы племенного животноводства : сборник научных трудов. – Вып. 3. – Брянск : БГСХА, 2010. – С. 20–23.

8. Иванова, И.П. Продуктивные качества кобыл русской рысистой породы в зависимости от генотипа / И.П. Иванова, И.В. Троценко // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 2 (125). – С. 54–60.

9. Калинкина, Г.В. Анализ генетического разнообразия орловской рысистой породы в современных социально-экономических условиях / Г.В. Калинкина, И.В. Родионова, И.Ю. Лукина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1. – С. 102–108.
10. Мирошниченко, О.Н. Показатели роста, развития и экстерьер маток русской рысистой



породы / О.Н. Мирошниченко, В.С. Жульев // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Курск, 2025. – С. 387–392.

11. Монгуш, Б.М. О взаимосвязи экстерьера и резвости лошадей рысистого направления / Б.М. Монгуш // Научные труды Тувинского гос. ун-та : сборник материалов ежегодной науч.-практ. конф. преподавателей, сотрудников и аспирантов ТувГУ. – Кызыл, 2018. – С. 141–143.

12. Монгуш, Б.М. Сравнительный анализ работоспособности и экстерьера тувинских лошадей спортивного направления / Б.М. Монгуш, Ю.А. Юлдашбаев // Коневодство и конный спорт. – 2019. – № 3. – С. 15–17.

13. Мурленков, Н.В. Характеристика рабочих и экстерьерных качеств лошадей русской рысистой породы в зависимости от происхождения / Н.В. Мурленков // Современные достижения и актуальные проблемы животноводства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 90-летию биотехнологического фак. и кафедр генетики и разведения сельскохозяйственных, технологии производства продукции и механизации животноводства, кормления сельскохозяйственных животных. – Витебск, 2023. – С. 58–61.

14. Омаров, М.М. Селекционно-племенная работа в конном спорте / М.М. Омаров // Коневодство

и конный спорт. – 2015. – № 2. – С. 16–17.

15. Полковникова, В.И. Коневодство : учебное пособие / В.И. Полковникова. – Пермь : ИПЦ «Прогресс», 2020. – 116 с.

16. Тарчоков, Т.Т. Экстерьерные особенности лошадей разного генотипа / Т.Т. Тарчоков, М.М. Шахмурзов, М.Х. Пежева, Е.Т. Авалишвили // Современные проблемы биологии и экологии. – 2018. – № 1. – С. 56–61.

17. Тарчоков, Т.Т. Экстерьерные особенности лошадей разного генотипа / Т.Т. Тарчоков, М.Х. Пежева, Е.Т. Авалишвили // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – № 2 (30). – С. 52–54.

18. Шендаков, А.И. Особенности экстерьера лошадей русской рысистой породы / А.И. Шендаков // Биология в сельском хозяйстве. – 2019. – № 4 (25). – С. 2–6.

19. Шматко, В.Е. Экстерьерные особенности лошадей высокого резвостного класса / В.Е. Шматко, С.П. Бугаев // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Курск, 2025. – С. 373–379.

20. Яковлева, С.Е. Влияние генеалогической принадлежности на работоспособность молодняка лошадей русской рысистой породы / С.Е. Яковлева, К.В. Петрушин // Молодой учёный. – 2015. – № 8-3 (88). – С. 74–75.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Alekseyeva, Ye.I. Analiz rezvostnykh i ekster'yernykh pokazateley zherebtsov-proizvoditeley akhalketinskoy porody / Ye.I. Alekseyeva, N.V. Abramova, N.Ye. Fedorova // Ippologiya i veterinariya. – 2011. – № 1. – С. 15–22.

2. Bachurina, Ye.M. Otsenka zherebtsov-proizvoditeley orlovskoy rysistoy porody po ekster'yeru, rezvosti i kachestvu potomstva / Ye.M. Bachurina, V.I. Polkovnikova // Permskiy agrarnyy vestnik. – 2020. – № 2 (30). – С. 107–114.

3. Vedysheva, Ye.V. Rezvost' i promery loshadey orlovskoy rysistoy porody / Ye.V. Vedysheva, I.B. Tsyganok // Ippologiya i veterinariya. – 2011. – № 1 (1). – С. 36–39.

4. Vlasova, I.V. Rezvost' loshadey russkoy rysistoy porody i vozmozhnost' yeyo prognozirovaniya / I.V. Vlasova, G.A. Pelevina // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchonnoy 90-letiyu fak. veterinarnoy meditsiny i tekhnologii zhivotnovodstva, provedonnoy na baze FGBOU VO «Voronezhskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni imperatora Petra I». – Voronezh, 2016. – С. 58–59.

5. Gindullina, G.N. Biologicheskiye osobennosti orlovskoy rysistoy i russkoy verkhovoy porod loshadey / G.N. Gindullina // Molodozh' i nauka. – 2017. – № 4-1. – С. 2.

6. Grachev, V.S. Sovershenstvovaniye geneticheskogo potentsiala russkogo rysaka v Ufimskom konnom zavode / V.S. Grachev, A.I. Burim // Vestnik studencheskogo nauchnogo obshchestva. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 171–173.

7. Zabolotnaya, Ye.S. Vliyaniye promerov na rezvost' zherebtsov orlovskoy rysistoy porody raznykh liniy / Ye.S. Zabolotnaya, N.M. Rudishina // Ekologicheskiye i selektsionnyye problemy plemennogo zhivotnovodstva : sbornik nauchnykh trudov. – Vyp. 3. – Bryansk : BGSKHA, 2010. – С. 20–23.

8. Ivanova, I.P. Produktivnyye kachestva kobyly russkoy rysistoy porody v zavisimosti ot genotipa / I.P. Ivanova, I.V. Trotsenko // Vestnik KrasGAU. – 2017. – № 2 (125). – С. 54–60.

9. Kalinkina, G.V. Analiz geneticheskogo raznoobraziya orlovskoy rysistoy porody v sovremennykh sotsial'no-ekonomicheskikh usloviyakh / G.V. Kalinkina, I.V. Rodionova, I.YU. Lukina // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 1. – С. 102–108.

10. Miroshnichenko, O.N. Pokazateli rosta, razvitiya i ekster'yer matok russkoy rysistoy porody / O.N. Miroshnichenko, V.S. Zhul'yev // Molodezhnaya nauka – razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa : materialy V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchonykh. – Kursk, 2025. – С. 387–392.

11. Mongush, B.M. O vzaimosvyazi ekster'yera i rezvosti loshadey rysistogo napravleniya / B.M. Mongush //



Nauchnyye trudy Tuvinskogo gos. un-ta : sbornik materialov yezhegodnoy nauch.-prakt. konf. prepodavateley, sotrudnikov i aspirantov TuvGU. – Kyzyl, 2018. – S. 141–143.

12. Mongush, B.M. *Sravnitel'nyy analiz rabotosposobnosti i ekster'yera tuvinskih loshadey sportivnogo napravleniya* / B.M. Mongush, YU.A. Yuldashbayev // *Konevodstvo i konnyy sport. – 2019. – № 3. – S. 15–17.*

13. Murlenkov, N.V. *Kharakteristika rabochikh i ekster'yernykh kachestv loshadey russkoy rysistoy porody v zavisimosti ot proiskhozhdeniya* / N.V. Murlenkov // *Sovremennyye dostizheniya i aktual'nyye problemy zhivotnovodstva : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoy 90-letiyu biotekhnologicheskogo fak. i kafedr genetiki i razvedeniya sel'khozzhivotnykh, tekhnologii proizvodstva produktsii i mekhanizatsii zhivotnovodstva, kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. – Vitebsk, 2023. – S. 58–61.*

14. Omarov, M.M. *Selektsionno-plemennaya rabota v konnom sporte* / M.M. Omarov // *Konevodstvo i konnyy sport. – 2015. – № 2. – S. 16–17.*

15. Polkovnikova, V.I. *Konevodstvo : uchebnoye posobiye* / V.I. Polkovnikova. – Perm' : IPTS «Progress», 2020. – 116 s.

16. Tarchokov, T.T. *Ekster'yernyye osobennosti loshadey raznogo genotipa* / T.T. Tarchokov, M.M. Shakhmurzov, M.KH. Pezheva, Ye.T. Avalishvili // *Sovremennyye problemy biologii i ekologii. – 2018. – № 1. – S. 56–61.*

17. Tarchokov, T.T. *Ekster'yernyye osobennosti loshadey raznogo genotipa* / T.T. Tarchokov, M.KH. Pezheva, Ye.T. Avalishvili // *Vestnik Kurganskoy GSKHA. – 2019. – № 2 (30). – S. 52–54.*

18. Shendakov, A.I. *Osobennosti ekster'yera loshadey russkoy rysistoy porody* / A.I. Shendakov // *Biologiya v sel'skom khozyaystve. – 2019. – № 4 (25). – S. 2–6.*

19. Shmatko, V.Ye. *Ekster'yernyye osobennosti loshadey vysokogo rezvostnogo klassa* / V.Ye. Shmatko, S.P. Bugayev // *Molodezhnaya nauka – razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa : materialy V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchonykh. – Kursk, 2025. – S. 373–379.*

20. Yakovleva, S.Ye. *Vliyaniye genealogicheskoy prikladnosti na rabotosposobnost' molodnyaka loshadey russkoy rysistoy porody* / S.Ye. Yakovleva, K.V. Petrushin // *Molodoy uchonyy. – 2015. – № 8-3 (88). – S. 74–75.*

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

Самусенко Людмила Дмитриевна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова, ФГБОУ ВО «Орловский Государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», ldsamusenko@mail.ru

Мамаев Андрей Валентинович, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова, ФГБОУ ВО «Орловский Государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», shatone@mail.ru

Мурленков Никита Вячеславович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова, ФГБОУ ВО «Орловский Государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», Ich98@yandex.ru

Федяев Даниил Александрович, студент 2 курса направления подготовки 36.03.02 Зоотехния, ФГБОУ ВО «Орловский Государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», daniilfediae25@yandex.ru

Author Information

Samusenko Lyudmila D., Candidate of Biological Sciences, Associate, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products named after Professor A.M. Guskov, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

Mamaev Andrey V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products named after Professor A.M. Guskov, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, shatone@mail.ru

Murlenkov Nikita V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products named after Professor A.M. Guskov, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Ich98@yandex.ru

Fedyaev Daniil A., Student of the training area 03.36.02 Zootechny, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, daniilfediae25@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 17.06.2025; одобрена после рецензирования 28.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 17.06.2025; approved after reviewing 28.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.581.1:631.431.1:633.11
DOI: 10.36508/RSATU.2025.30.21.007

**СОХРАНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕМНО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ
ПО БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАЛЕЖИ ПОД ПОСЕВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

Анатолий Петрович Солодовников¹ ✉, Владимир Николаевич Максимчук², Александр Сергеевич Линьков³, Надежда Петровна Молчанова⁴

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

¹ solodovnikov-sgau@yandex.ru

² maks.agroleon@yandex.ru

³ linkov13@rambler.ru

⁴ nadjawowa550@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель исследований – обоснование целесообразности применения глубокой безотвальной обработки почвы при освоении залежи.

Методология. Изучение технологических приемов по сохранению агрофизических факторов плодородия и повышению урожайности озимой пшеницы проходило в ООО «АгроЛеон-С» сухостепной зоне Волгоградской области с 2022 года по 2025 г. Каждый год залежная почва обрабатывалась общей площадью в 50 га, площадь делянок (500 м x 50 м = 25000 м²) – 2,5 га, повторность четырехкратная, схема расположения – рандомизированное.

Результаты. Обработка залежной темно-каштановой почвы в засушливом Поволжье без оборота пласта способствует большему накоплению влаги в обрабатываемом (0-40 см) слое после весеннего снеготаяния (+0,34-0,38 %). Перед посевом озимой пшеницы формируется плотность почвы в пахотном слое (0-30 см) на уровне 1,19-1,22 г/см³, что находится в оптимальных пределах для возделывания озимых культур. Более плотная почва по безотвальной обработке в чистом пару уменьшает процессы минерализации органического вещества, что позволяет сохранить структурное состояние почвы. Безотвальная обработка повышает процентную составляющую макроструктуры (>10 мм) на 5,7 % относительно залежи, снижает долевую часть микроструктуры (<0,25 мм) на 2,2-5,5 % в сравнении с классической обработкой. При этом увеличивается количество ветроустойчивых агрегатов на 8,2 %. Комплексное содержание чистого пара уменьшает распыление почвы (<0,25 мм) на 1,6-4,9 %, а агрегатов (1-5 мм) на 2,5-5,3 %. Применение гербицида в чистом пару взамен трех культиваций приводит к росту почвозащитных агрегатов на 6,1-11,0 %.

Заключение. Максимальная урожайность получена на вариантах с комплексными мерами борьбы с сорной растительностью – 2,56 т/га по отвальной обработке (+0,11 т/га) и 2,51 т/га по безотвальной – (+0,06 т/га).

Ключевые слова: залежь, структура, плотность, влажность почвы, чистый пар, озимая пшеница

Для цитирования: Солодовников А.П., Максимчук В.Н., Линьков А.С., Молчанова Н.П. Сохранение агрофизических показателей темно-каштановой почвы по безотвальной обработке при освоении залежи под посев озимой пшеницы // Вестник Рязанского государственного агроэкономического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С. 48-53 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.30.21.007>

Original article

**PRESERVATION OF AGROPHYSICAL TRAITS OF DARK CHESTNUT SOILS AFTER SUBSURFACE
TILLAGE DURING DEVELOPMENT OF FALL LAND FOR SOWING WINTER WHEAT**

Anatoly P. Solodovnikov¹ ✉, Vladimir N. Maksimchuk², Alexander S. Linkov³, Nadezhda P. Molchanova⁴

^{1,2,3,4} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

¹ solodovnikov-sgau@yandex.ru² maks.agroleon@yandex.ru³ linkov13@rambler.ru⁴ nadjawowa550@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The purpose of the research is to substantiate the feasibility of deep subsurface tillage in the development of fallow land.

Methodology. The study of technological methods for preserving agrophysical factors of soil fertility and increasing the yield of winter wheat was carried out in AgroLeon-S LLC in the dry steppe zone Volgograd region from 2022 to 2025. The total area of the processed fallow land each year was approximately 50 hectares, the area of plots according to the methods of preparing clean fallow is (500 м x 50 м = 25000 м²) 2.5 hectares, the repetition is fourfold, the location of the plots is randomized.

Results. Cultivation of fallow dark chestnut soil in the arid Volga region without soil turnover promotes greater moisture accumulation in the cultivated layer (0-40 cm) after spring snowmelt (+0.34 -0.38%). Before sowing winter wheat, the soil density in the arable layer (0-30 cm) was at the level of 1.19 - 1.22 g/cm³, which is within the optimal range for growing winter crops. Denser soil after no-till cultivation in bare fallow reduces organic matter mineralization, which allows preserving the structural soil state. No-till cultivation increases the percentage component of the macrostructure (> 10 mm) by 5.7% relative to the fallow, reduces the proportion of the microstructure (< 0.25 mm) by 2.2 -5.5% compared to the basic treatment. At the same time, the number of wind-resistant aggregates increases by 8.2%. The complex content of pure steam reduces soil pulverization (<0.25 mm) by 1.6-4.9%, and aggregates (1-5 mm) by 2.5-5.3%. The application of herbicide in pure steam instead of three cultivations increases soil-protective aggregates by 6.1-11.0%.

Conclusion. The maximum yield was obtained in variants with integrated weed control measures – 2.56 t/ha for moldboard cultivation (+0.11 t/ha) and 2.51 t/ha for non-moldboard cultivation (+0.06 t/ha).

Key words: fallow land, structure, density, soil moisture, clean fallow, winter wheat

For citation: Solodovnikov A.P., Maksimchuk V.N., Linkov A.S., Molchanova N.P. Preservation of agrophysical traits of dark chestnut soils after subsurface tillage during development of fall land for sowing winter wheat// Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No. 3, P.48-53 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2025.30.21.007](https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.30.21.007)

Введение

Для засушливой зоны Поволжья озимая пшеница имеет большие возможности сформировать хорошую урожайность относительно яровых колосовых культур. Это в первую очередь связано с максимальной возможностью использования не только летних осадков, но осенних, зимних и ранневесенних [1-5]. Для более эффективного накопления и рационального использования почвенной влаги необходимы оптимальные агрофизические показатели почвенного плодородия. Хорошо взрыхленная почва после основной обработки, конечно, имеет меньшую плотность и хорошую водопроницаемость, но со временем данные показатели ухудшаются под действием собственного веса и атмосферных осадков. Более длительно рыхлое состояние обрабатываемого самого верхнего слоя поддерживается в оструктуренной почве. Лучшие условия по сохранению структурного состояния почвы складываются при уменьшении интенсивности механического воздействия обработки. Отсутствие оборота пласта почвы с увеличением плотности почвы по безотвальной обработке способствует протеканию анаэробных процессов при разложении растительных остатков и, как следствие, снижает скорость минерализации гумуса, который склеивает почвенные частицы (агрегаты) и повышает коэффициент водопрочности [6-10]. Интенсивное обрачивание почвы и рыхление при выполнении вспашки разрушает систему агрегатов и нарушает естественную самоорганизацию почвенной структуры, что приводит к увеличению долевой части микроструктуры в агроценозе. Вспаханная почва более интенсивно слипается с образованием глы-

бистой структуры после увлажнения и высушивания в естественных условиях [11].

Поэтому целью исследований была разработка способов основной обработки залежной почвы и ухода за чистым паром, которые более длительное время сохраняли агрономически ценную структуру темно-каштановой почвы, накопленной в результате отсутствия механического воздействия на залежи.

Материалы и методы исследований

Динамические изменения влажности и плотности почвы пахотного (0-30 см) и обрабатываемого (0-40 см) слоя, агрегатного состава (0-10 см) почвы в чистом пару по различным технологическим приемам наблюдались в сухостепной зоне Волгоградской области в ООО «АгроЛеон-С» с осени 2022 года по 2025 г.

Залежные земли (темно-каштанового подтипа) первого опытного участка содержали гумуса – 3,14 %, второго и третьего – 2,17 %.

Исследования выполнялись по схеме, показанной в таблице 1.

Посев озимой пшеницы выполнялся во второй половине сентября. Каждый год залежная почва обрабатывалась общей площадью в 50 га, площадь делянок (500 м x 50 м = 25000 м²) – 2,5 га, повторность четырехкратная, схема расположения – рандомизированное. ГТК в годы освоения залежи и возделывания озимой пшеницы составил: 2022 г – 0,84; 2023 г – 0,85; 2024 г – 0,28; 2025 г – 0,57.

Полевой опыт сопровождался наблюдениями и исследованиями в соответствии с общепринятыми методическими указаниями [12].



Таблица 1 – Схема опыта

№ варианта	Основная обработка залежи (октябрь)	Варианты подготовки чистого пара поднятой залежи, под посев озимой пшеницы	
		количество и срок культиваций чистого пара (КПС – 4), шт.	гербицид (Вольник, ВР) 3-4 л/га
A ₁ (к)	ПЛН-9-35 – 28-30 см	6 (апрель – сентябрь)	-
A ₂	ПЛН-9-35 – 28-30 см	3 (апрель – июль)	+ (начало августа)
A ₃	ПЧН-4,5 – 33-35 см	6 (апрель – сентябрь)	-
A ₄	ПЧН-4,5 – 33-35 см	3 (апрель – июль)	+ (начало августа)

Результаты исследований и их обсуждение

Первый наиболее динамический агрофизический показатель, который изучался при освоении залежной почвы – это плотность почвы. Отвальная обработка залежи способствовала более интенсивному рыхлению почвы и более равномерному распределению органических остатков по почвенному профилю, поэтому плотность почвы весной, после начала ухода за чистым паром, была минимальной на вариантах A₁ и A₂ – 1,08 г/см³ (0-30 см); 1,12-1,13 г/см³ (0-40 см). Отсутствие оборота пласта на делянках A₃ и A₄ приводило к достоверному увеличению плотности почвы до 1,13-1,14 г/см³ (0-30 см); 1,16-1,17 г/см³ (0-40 см), что составило 4-6 %. За летний период подготовки чистого пара плотность почвы

увеличивалась на 5-8 % и максимальные значения были получены на безотвальной обработке с комплексными мерами борьбы с сорняками (A₄) – 1,22 г/см³, на варианте A₃ она снижалась до 1,19 г/см³, что превышало значимо (НСР₀₅ (0-30 см) = 0,02 г/см³) контрольные значения на 0,03-0,06 г/см³ или на 3-5 %, но данные значения плотности почвы находились в интервале оптимума для растений озимой пшеницы. Количество выполненных культиваций чистого пара для борьбы с сорными растениями, по значениям НСР₀₅, не имело существенных различий по отвальной обработке (0,01 г/см³). Но на безотвальной обработке между вариантами A₃ и A₄ разница была достоверной (0,03 г/см³) (табл. 2).

Таблица 2 – Динамические изменения влажности и плотности почвы пахотного (0-30 см) и обрабатываемого (0-40 см) слоя почвы в чистом пару по освоенной залежи (2022-2024 гг.)

Варианты	Слой почвы, см	Месяц определения влажности и плотности			
		апрель (после боронования чистого пара)		сентябрь (посев озимой пшеницы)	
		влажность, %	плотность, г/см ³	влажность, %	плотность, г/см ³
A ₁ (к)	0-30	19,11	1,08	14,92	1,16
	0-40	19,00	1,13	15,30	1,20
A ₂	0-30	19,14	1,08	15,51	1,17
	0-40	19,01	1,12	15,75	1,21
A ₃	0-30	19,63	1,13	14,58	1,19
	0-40	19,34	1,16	14,92	1,23
A ₄	0-30	19,67	1,14	14,79	1,22
	0-40	19,39	1,17	15,14	1,25
НСР ₀₅ (0-30 см)			0,03		0,02

Проникновение влаги от растаявшего снега по щелям в почве, образованным на делянках, обработанных чизельным плугом (безотвальная обработка), способствовало лучшему увлажнению

обрабатываемого слоя – 19,34-19,39 %. В сентябре в процессе ухода за чистым паром освоенной залежи максимальные значения влажности почвы фиксировались по отвальной обработке с комплексным уходом за чистым паром – 15,75 %.

Корреляция зависимости плотности почвы от влажности по трехлетним данным показала, что весной в период достаточного увлажнения по всем вариантам коэффициент корреляции имел меньшие значения ($r = -0,678$) относительно сентябрьских показателей с меньшей влажностью почвы ($r = -0,90$).

Уравнения регрессии зависимости плотности от влажности почвы выражались формулами:

$$Y_{\text{плотность (весной)}} = 1,641 - 0,027 x_{\text{влажность}};$$

$$Y_{\text{плотность (осенью)}} = 1,343 - 0,010 x_{\text{влажность}}.$$

Математическое решение полученных уравнений позволяет сделать заключение, что увеличение влажности почвы в чистых парах на каждые 3 % способствует уменьшению плотности почвы (0-30 см) на 0,08 г/см³ (весной) и 0,03 г/см³ (осенью).

Определение агрегатного состояния почвы по окончании ухода за чистым паром (третья декада сентября) после освоения залежи показало тенденцию увеличения доли микроструктуры (<0,25 мм) по отвальной обработке (6,9-11,8 %) по сравнению с залежью (3,0 %) и достоверное по-



вышение глыбистой фракции (>10 мм) на вариантах, обработанных чизельным плугом (23,4 %), что было больше на 4,8-4,9 % по сравнению с отваль-

ной обработкой и на 5,7 % выше относительно залежной почвы (табл. 3).

Таблица 3 – Агрегатный состав (0-10 см) темно-каштановой почвы по вариантам подготовки чистого пара (2022-2024 гг.), % воздушно-сухой почвы

Размер структурных агрегатов	Залежь	Варианты			
		A ₁ (к)	A ₂	A ₃	A ₄
>10 мм	17,7	18,6	18,5	23,4	23,4
5-10 мм	17,1	15,0	15,8	16,5	16,8
1-5 мм	50,4	40,7	46,0	42,5	45,0
0,25-1 мм	11,8	13,9	12,8	11,3	10,1
<0,25 мм	3,0	11,8	6,9	6,3	4,7
К ст	3,83	2,29	2,94	2,37	2,56
HCP ₀₅ (<0,25 мм)	3,2				
HCP ₀₅ (>10 мм)	1,8				

Коэффициент структурности уменьшился с 3,83 (залежь) до 2,29 по отвальной обработке с агротехническим способом подготовки чистого пара, т.е. в 1,7 раза.

Для засушливых степей Поволжья немаловажное значение имеет вопрос способности агрегатов

почвы противостоять ветровой эрозии. Анализ изучаемых вариантов способов подготовки чистого пара при освоении залежных земель и скорость ветра, при которой начинают движение почвенные частицы определенных размеров, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание почвозащитных (ветроустойчивых) и эрозионно-опасных агрегатов (2022-2024 гг.,) %

Варианты	Эрозионно-опасные агрегаты			Почвозащитные (ветроустойчивые) агрегаты			
	<0,25 мм (3,8 м/с)	0,25-1 мм (5,3-6,8 м/с)	всего	1-5 мм (11,2-17,6 м/с)	5-10 мм (>17,6 м/с)	>10 мм	всего
A ₁ (к)	11,8	14,0	25,8	40,8	14,9	18,5	74,2
A ₂	6,9	12,8	19,7	46,0	15,7	18,6	80,3
A ₃	6,3	11,3	17,6	42,5	16,5	23,4	82,4
A ₄	4,7	10,1	14,8	45,1	16,8	23,3	85,2
HCP ₀₅			5,1				4,2

Примечание: (м/с) – скорость ветра, при которой начинают передвигаться почвенные агрегаты данного размера

Анализ содержания эрозионно-опасных агрегатов показывает, что отвальная обработка почвы и агротехнические меры борьбы с сорными растениями (6 культиваций чистого пара) способствовали максимальному содержанию в верхнем слое почвы эрозионно-опасных агрегатов – 25,8 % и особенно частиц почвы, движение которых началось при скорости ветра 3,8 м/с – 11,8 %. Применение комплексного содержания чистого пара (агротехника и гербицид) способствовало достоверному снижению эрозионно-опасных агрегатов на 6,1 %. Особо эффективна в снижении вероят-

ности развития ветровой эрозии – обработка почвы чизельным плугом (без оборота пласта), где доля эрозионно-опасных агрегатов снижалась до минимальных значений – 14,8-17,6 %, что позволяло лучше противостоять ветровой эрозии при скорости ветра 3,8-6,8 м/с относительно отвальной обработки – на 8,2-11 %.

Изменение агрофизических показателей после освоения залежи и применение гербицида в чистом пару повлияло на урожайность озимой пшеницы (табл. 5).

Таблица 5 – Урожайность зерна озимой пшеницы в Нижнем Поволжье по освоенной залежи, т/га

Варианты	Урожайность по годам исследования				Отклонение от контроля	
	2023	2024	2025	средняя	т/га	%
A ₁ (к)	2,76	1,63	2,97	2,45	-	-
A ₂	2,87	1,71	3,10	2,56	+0,11	4,5
A ₃	2,69	1,37	3,03	2,36	-0,09	3,7
A ₄	2,82	1,56	3,14	2,51	+0,06	2,4
HCP ₀₅	0,046	0,071	0,127	0,070		



Оптимизация таких показателей как плотность, влажность, агрегатный состав почвы и меньшее количество сорных растений на вариантах с применением обще-истребительного гербицида способствовали росту урожайности до 2,51 т/га по чизельной вспашке (безотвальная обработка) и до 2,56 т/га по классической вспашке (отвальная обработка). Значимая прибавка в сравнении с контролем получена на варианте А₂: +0,11 т/га и на варианте А₄ относительно А₃: +0,15 т/га.

Заключение

Безотвальная обработка почвы при освоении залежи приводит к увеличению плотности пахотного слоя почвы весной на 0,05-0,06 г/см³ или 5-6 %, осенью на 0,03-0,06 г/см³ или 3-5 %, но данные значения не выходили за пределы оптимальных показателей для возделывания озимой пшеницы.

Увеличение влажности почвы в чистых парах на каждые 3 % способствует уменьшению плотности почвы (0-30 см) на 0,08 г/см³ (весной) и 0,03 г/см³ (осенью).

Отвальная основная обработка залежной почвы увеличивает долю микроструктуры (<0,25 мм) на 3,9-8,8 % и уменьшает коэффициент структурности в 1,3-1,7 раза, а безотвальная обработка повышает процентную составляющую макроструктуры (>10 мм) на 5,7 %, снижает коэффициент структурности в 1,5-1,7 раза относительно залежи.

Комплексное содержание чистого пара уменьшает распыление почвы (<0,25 мм) на 1,6-4,9 %, а агрегатов (1-5 мм) на 2,5-5,3 %. Обработка залежи без оборота пласта повышает количество ветроустойчивых агрегатов на 8,2 %. Применение гербицида в чистом пару взамен трех культиваций приводит к росту почвозащитных агрегатов на 6,1-11,0 %.

Максимальная урожайность получена на вариантах с комплексными мерами борьбы с сорной растительностью – 2,56 т/га по отвальной обработке (+0,11 т/га) и 2,51 т/га по безотвальной – (+0,06 т/га).

Список источников

1. Дридигер В.К. Возделывание озимой пшеницы в системе прямого посева в Ставропольском крае: монография/ В.К. Дридигер. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного университета, 2021. – 192 с.
2. Основные проблемы современного земледелия при освоении ресурсосберегающих технологий: учебное пособие /С.Н. Буракhta [и др.];

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Dridiger V.K. *Vozdelyvaniye ozimoy pshenitsy v sisteme pryamogo poseva v Stavropol'skomkraye: monografiya/ V.K. Dridiger.* – Stavropol': AGRUS Stavropol'skogogos. Agrarnogo universiteta, 2021. – 192 p.
2. *Osnovnyye problem sovremennogo zemledeliya pri osvoyenii resursosberegayushchikh tekhnologiy: uchebnoye posobiye /S.N. Burakhta [i dr.]; FGOU VPO «Saratovskiy GAU».* – Saratov, 2010. – 100 p.
3. Pismennaya Ye.V. *Vliyaniye sortov i predshestvennikov ozimoy pshenitsy na plodorodiye pochvy,*

ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2010. – 100 с.

3. Писменная Е.В. Влияние сортов и предшественников озимой пшеницы на плодородие почвы, урожайность и качество зерна в Ставропольском крае / Е.В. Писменная, М.Ю. Азарова, Л.Г. Курасова // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 8. – С. 32–37.

4. Растениеводство Центрального Черноземья России /В.А. Федотов [и др.]- Воронеж. – ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – 581 с.

5. Солодовников А.П. Динамика водно-физических свойств почвы в паровом звене при возделывании озимой пшеницы / А.П. Солодовников, Б.З. Шагиев, А.Ю. Лёвкина // Кормопроизводство. – 2019. – № 11 – С. 17–21.

6. Бочкарев Д. В. Урожайность озимой пшеницы при освоении залежных земель в условиях лесостепи юга Нечерноземной зоны / Д.В. Бочкарев., Н.В. Смолин, Т.Ф. Зайчикова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 12. – С. 8-10.

7. Обоснование влияния агрофизических факторов и климатических условий на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Нижнем Поволжье / А.П. Солодовников [и др.] // Аграрный научный журнал.- 2022. - №4. - С. 48-52.

8. Рычкова, М.И. Влияние способа основной обработки почвы и предшественника озимой пшеницы на агрофизические, водные свойства почвы и урожайность в условиях эрозионно-опасного склона / М.И. Рычкова, Е.Н. Нежинская, С.А. Тарадин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (88). – С. 28–32.

9. Солодовников А.П. Агрофизические, технологические и климатические факторы, определяющие урожайность зерна яровой пшеницы в Заповжье / А.П. Солодовников, И.С. Полетаев, Н.П. Молчанова // Мелиорация и гидротехника. – 2024. – Т. 14, №2. – С. 18-31.

10. Чернозем обыкновенный. Прямой посев, Ставропольский край. Опыт, две ротации: монография /В.К. Дридигер [и др.]. – Ставрополь: Сервисшкола, 2024. – 356 с.

11. Холодов В.А. Агрегаты и органическое вещество почв восстанавливающихся ценозов/ В.А. Холодов, Н.В. Ярославцева. – М.: ГЕОС, 2021. – 120 с.

12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. М.- Агропромиздат, 1985.- С.351.



urozhaynost' ikachestvozerna v Stavropol'skomkraye / Ye.V. Pismennaya, M.YU. Azarova, L.G. Kurasova // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2020. – № 8. – pp. 32–37.

4. Rasteniyevodstvo Tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii /V.A. Fedotov et al.- Voronezh. – FGBOU VO Voronezhskiy GAU, 2019. – 581 p.

5. Solodovnikov A.P. Dinamika vodno-fizicheskikh svoystv pochvy v parovom zvene pri vozdeystvovanii ozimoy pshenitsy / A.P. Solodovnikov, B.Z. Shagiyeu, A.YU. Lovkina // Kormoproduktstvo. – 2019. – № 11 – pp. 17–21.

6. Bochkarev D. V. Urozhaynost' ozimoy pshenitsy pri osvoyenii zaleznykh zemel' v usloviyakh lesostepi yuga Nechernozemnoy zony / D.V. Bochkarev., N.V. Smolin, T.F. Zaychikova // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.I. Vavilova. – 2009. – № 12. – pp. 8–10.

7. Obosnovaniye vliyaniya agrofizicheskikh faktorov i klimaticheskikh usloviy na urozhaynost' i kachestvo zerna ozimoy pshenitsy v Nizhnem Povolzh'ye / A.P. Solodovnikov [i dr.] // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2022. – №4. – pp. 48–52.

8. Rychkova, M.I. Vliyaniye sposoba osnovnoy obrabotki pochvy i predshestvennika ozimoy pshenitsy na agrofizicheskiye, vodnyye svoystva pochvy i urozhaynost' v usloviyakh erozionno-opasnogo sklona / M.I. Rychkova, Ye.N. Nezhinskaya, S.A. Taradin // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 2 (88). – pp. 28–32.

9. Solodovnikov A.P. Agrofizicheskiye, tekhnologicheskiye i klimaticheskiye faktory, opredelyayushchiyeurozhaynost' zerna yarovoy pshenitsy v Zavolzh'ye / A.P. Solodovnikov, I.S. Poletayev, N.P. Molchanova // Melioratsiya i gidrotekhnika. – 2024. – T. 14, №2. – pp. 18–31.

10. Chernozem obyknovennyy. Pryamoy posev, Stavropol'skiy kray. Opyt, dverotatsii: monografiya /V.K. Dridiger [i dr.]. – Stavropol': Servisskola, 2024. – 356 p.

11. Kholodov V.A. Agregaty i organicheskoye veshchestvo pochv vosstanavlivayushchikhsyat senozov/ V.A. Kholodov, N.V. Yaroslavtseva. – M.: GEOS, 2021. – 120 p.

12. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p

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

Солодовников Анатолий Петрович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», solodovnikov-sgau@yandex.ru

Максимчук Владимир Николаевич, аспирант кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», maks.agroleon@yandex.ru

Линьков Александр Сергеевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», linkov13@rambler.ru

Молчанова Надежда Петровна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», nadjawowa550@mail.ru

Author Information

Solodovnikov Anatoly P., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Land Reclamation and Agrochemistry, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, solodovnikov-sgau@yandex.ru

Maksimchuk Vladimir N., Postgraduate Student, Department of Agriculture, Land Reclamation and Agrochemistry, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, maks.agroleon@yandex.ru

Linkov Alexander S., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Land Reclamation and Agrochemistry, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, linkov13@rambler.ru

Molchanova Nadezhda P., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Land Reclamation and Agrochemistry, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, nadjawowa550@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.06.2025; одобрена после рецензирования 11.08.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 12.06.2025; approved after reviewing 11.08.2025; accepted for publication 15.09.2025.



Вестник РГАТУ, 2025, т.17, №3, с. 54-65
Vestnik RGATU, 2025, Vol.17, №3, pp.54-65

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.61:633.412
DOI: 10.36508/RSATU.2025.84.97.008

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СВЁКЛЫ СТОЛОВОЙ В УСЛОВИЯХ ПОЛУЗАСУШЛИВОЙ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Степанова Эльвира Николаевна

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Новочеркасск, Россия

bokhan.elvira@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В современных условиях развития сельского хозяйства особую актуальность приобретает изучение особенностей возделывания столовой свёклы в полузасушливой степной зоне Ростовской области. Существенный дефицит осадков (менее 450 мм/год) и повышенные температуры вегетационного периода создают значительные ограничения для эффективного производства культуры. Целью исследования является систематизация научных данных о закономерностях водопотребления и особенностях возделывания столовой свёклы в условиях недостаточного увлажнения.

Методология. Исследование базируется на комплексном подходе, включающем анализ теоретических основ возделывания столовой свёклы, изучение биологических особенностей культуры и её требований к водному режиму. Методологической основой исследования служат следующие направления: анализ агрофизических характеристик почв региона, расчёт гидротермического коэффициента (ГТК), оценка влияния гидрометеорологических факторов. Такой комплексный подход позволяет всесторонне исследовать особенности возделывания и водопотребления столовой свёклы в условиях полузасушливой степной зоны.

Результаты. Проведенный анализ показал, что чернозёмные почвы региона создают благоприятные условия для возделывания столовой свёклы. Установлена критическая зависимость урожайности от водного режима: дефицит влаги в критические фазы развития приводит к существенному снижению продуктивности на 40-60 %. Выявлено, что традиционные методы возделывания не обеспечивают эффективного использования водных ресурсов. Определены основные закономерности водопотребления культуры и особенности её реакции на различные режимы орошения. Исследования показали, что коэффициент водопотребления столовой свёклы варьируется от 60 до 80 м³/т, достигая максимума в июле-августе. Дифференцированный подход к орошению позволяет сократить водопотребление на 20–25 %. Установлено, что в фазу всходов достаточен полив 50-60 м³/га, а в период интенсивного роста корнеплодов норма увеличивается до 120-150 м³/га.

Заключение. Результаты обзора свидетельствуют о необходимости комплексного подхода к организации производства столовой свёклы, включающего рациональное использование водных ресурсов, соблюдение агротехнических требований и применение современных технологий возделывания. Полученные данные могут служить основой для разработки практических рекомендаций по оптимизации производства культуры в условиях нарастающей аридизации климата. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование существующих технологий с учётом климатических особенностей региона и развития современных методов управления водным режимом.

Ключевые слова: свёкла столовая, водопотребление, полузасушливая степная зона, режим орошения, водный режим, мелиорация, почвенно-климатические условия, эвапотранспирация

Для цитирования: Степанова Э. Н. Особенности возделывания и водопотребления свёклы сто-



ловой в условиях полузасушливой степной зоны Ростовской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С. 54-65 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.84.97.008>

Original article

FEATURES OF TABLE BEET CULTIVATION AND WATER CONSUMPTION IN THE SEMI-ARID STEPPE ZONE OF THE ROSTOV REGION

Stepanova Elvira N.

Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A.K. Kortunov of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russia

bokhan.elvira@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. In modern conditions of agricultural development, the study of the peculiarities of table beet cultivation in the semi-arid steppe zone of the Rostov region is of particular relevance. A significant shortage of precipitation (less than 450 mm/year) and elevated temperatures during the growing season create significant limitations for efficient crop production. The aim of the study is to systematize scientific data on the patterns of water consumption and the peculiarities of table beet cultivation in conditions of insufficient moisture.

Methodology. The research is based on an integrated approach, including an analysis of the theoretical foundations of table beet cultivation, the study of the biological characteristics of the crop and its requirements for the water regime. The methodological basis of the research is the following areas: analysis of the agrophysical characteristics of the region's soils, calculation of the hydrothermal coefficient (HTC), assessment of the influence of hydrometeorological factors. Such an integrated approach makes it possible to comprehensively investigate the features of table beet cultivation and water consumption in a semi-arid steppe zone.

Results. The analysis showed that the chernozem soils of the region create favorable conditions for the cultivation of table beet. A critical dependence of yield on the water regime has been established: moisture deficiency in critical phases of development leads to a significant decrease in productivity by 40-60 %. It has been revealed that traditional methods of cultivation do not ensure efficient use of water resources. The main patterns of crop water consumption and the peculiarities of its response to various irrigation regimes are determined. Studies have shown that the coefficient of water consumption of table beet varies from 60 to 80 m³/t, reaching a maximum in July-August. A differentiated approach to irrigation makes it possible to reduce water consumption by 20-25 %. It has been established that irrigation of 50-60 m³/ha is sufficient during the germination phase, and during the period of intensive root crop growth, the rate increases to 120-150 m³/ha.

Conclusion. The results of the review indicate the need for an integrated approach to the organization of table beet production, including the rational use of water resources, compliance with agrotechnical requirements and the use of modern cultivation technologies. The data obtained can serve as a basis for the development of practical recommendations for optimizing crop production in the context of increasing climate aridization. Further research should be aimed at improving existing technologies, taking into account the climatic characteristics of the region and the development of modern methods of water management.

Key words: table beet, water consumption, semi-arid steppe zone, irrigation regime, water regime, agricultural crops, land reclamation, soil and climatic conditions, evapotranspiration

For citation: Stepanova E.N. Features of table beet cultivation and water consumption in the semi-arid steppe zone of the Rostov region // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2025, Vol.17, No.3, P. 54-65 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.84.97.008>

Введение

Свёкла столовая (*Beta vulgaris* L.) занимает значимое место в структуре овощных культур Российской Федерации, что обусловлено не только её высокими питательными и вкусовыми качествами, но и уникальным биохимическим составом, включающим антиоксиданты, витамины группы В, макро- и микроэлементы [1]. Будучи ключевым компонентом традиционного «борщевое набора», она сохраняет стабильный спрос на внутреннем рынке, что подчёркивает её социально-экономическую значимость для агропромышленного комплекса страны.

Особую актуальность исследование приобретает в контексте полузасушливой степной зоны Ростовской области – одного из ведущих регионов по производству столовой свёклы. Климатические условия региона, характеризующиеся дефицитом осадков (менее 450 мм/год), повышенными температурами в вегетационный период и частыми засухами, создают существенные ограничения для устойчивого выращивания влаголюбивых культур [2]. Несмотря на адаптационный потенциал свёклы, её продуктивность в значительной степени зависит от оптимизации водного режима, что требует разработки научно обоснованных параме-



тров орошения.

Ключевой проблемой остаётся противоречие между биологическими потребностями культуры в воде и ограниченными ресурсами влаги в условиях нарастающей аридизации климата. Согласно прогнозам Росгидромета, к 2030 году ожидается увеличение индекса аридизации региона на 15-20 % относительно современных значений, что соответствует сценарию нарастания засушливости климата. Традиционные технологии возделывания, не учитывающие региональную специфику гидротермических условий, зачастую приводят к нерациональному использованию водных ресурсов, снижению урожайности и качества корнеплодов. В этой связи совершенствование мелиоративных мероприятий, основанное на комплексном анализе водопотребления культуры и влияния климатических факторов, становится крайне необходимым для обеспечения продовольственной безопасности региона.

Материалы и методы исследования

Настоящее исследование базируется на комплексном анализе данных, полученных из репрезентативных источников, что обеспечило объективность и научную обоснованность выводов. Эмпирическая база исследования сформирована на основе официальных статистических данных Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и Федеральной службы государственной статистики. В работе использованы количественные показатели производства свёклы столовой, включающие динамику урожайности (ц/га), площади посевов (тыс. га) и объёмы валового сбора корнеплодов (тыс. т). Статистический анализ выполнен по Семикаракорскому району Ростовской области за 2017-2024 годы и по Российской Федерации в целом за 2001-2024 годы. Анализ структурирован с учётом агроэкологических особенностей вегетационных циклов культуры и региональной специфики землепользования. Метеорологические данные Ростовской области предоставили параметры среднесуточной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), месячных сумм атмосферных осадков (мм) и влажности почвы (%) за 2024 год. Акцент сделан на вегетационный период (апрель-октябрь), определяющий формирование продуктивности культуры.

Методологический аппарат исследования интегрировал агроклиматические, фенологические и статистические подходы. Гидротермический коэффициент (ГТК) определялся по модифицированной формуле Г.Т. Селянинова (1):

$$\text{ГТК} = \Sigma P / \Sigma T_{\text{акт}} \cdot 0,1, \quad (1)$$

где P – сумма осадков (мм),

$T_{\text{акт}}$ – сумма активных температур ($>10^{\circ}\text{C}$) за вегетационный период (апрель-сентябрь).

Интерпретация коэффициента проведена согласно градациям увлажнения:

- избыточное увлажнение, или зона дренажа ($\text{ГТК} > 1,3$);
- обеспеченное увлажнение ($1,0-1,3$);
- засушливое ($0,7-1,0$);

- сухое земледелие ($0, - 0,7$);
- ирригация ($\text{ГТК} < 0,5$).

Результаты исследований и их обсуждение

Ростовская область, располагаясь в пределах степной природной зоны, характеризуется умеренно континентальным типом климата (СП 131.13330.2020, подрайон ШВ), что формирует уникальные агроэкологические условия, детерминированные сезонной контрастностью термического режима и ветровой циркуляции [3]. Климатический профиль региона отличается выраженной амплитудой экстремальных температур: абсолютный минимум достигает -33°C , тогда как максимальные значения в июле фиксируются на отметке $+40^{\circ}\text{C}$ при средней температуре самого тёплого месяца $+29,1^{\circ}\text{C}$ и январском среднем показателе $-5,2^{\circ}\text{C}$. Сезонная динамика воздушных масс проявляется в доминировании северо-восточных и восточных ветров в зимний период, сменяющихся летом северо-западными и западными потоками, что оказывает существенное влияние на перераспределение атмосферной влаги.

Агроклиматический потенциал территории, относящейся к зоне недостаточного увлажнения, определяется суммой активных температур ($>10^{\circ}\text{C}$) в диапазоне $2800-3000^{\circ}\text{C}$ при годовом количестве осадков 350-370 мм и коэффициенте увлажнения 0,44-0,8, что свидетельствует о переходном характере между умеренным и дефицитным режимом гидротермических ресурсов. Зональная дифференциация региона включает две основные провинции: степную (южнорусскую и предкавказскую) с преобладанием обыкновенных и южных чернозёмов, и сухостепную (доно-маньчскую), представляющую экотон между степными и полупустынными ландшафтами с доминированием тёмно-каштановых и каштановых почв [4].

Почвенный покров, занимая ключевое положение в структуре агросектора, отличается выраженным доминированием чернозёмов, занимающих 57,9 % территории (5347,0 тыс. га), что обуславливает высокое плодородие и благоприятные физико-химические свойства, включая оптимальную гумусированность (4-6) и устойчивую агрегатную структуру. Степная зона, охватывающая основную часть области, формирует ареалы распространения чернозёмов обыкновенных, тогда как сухостепные районы востока и северо-востока характеризуются комплексами каштановых почв с пониженным содержанием органического вещества.

Синтез климатических и эдафических факторов создаёт предпосылки для интенсивного развития растениеводства, в частности выращивания теплолюбивых культур с коротким вегетационным периодом. Высокая инсоляция (более 2100 часов/год), продолжительный безморозный период (180-190 дней) и оптимальная влагоёмкость чернозёмов компенсируют дефицит атмосферных осадков, что актуализирует внедрение адаптивных агротехнологий, включая влагосберегающие методы обработки почвы и дифференцированные системы орошения. Указанные особенности по-



звolyают рассматривать регион как перспективную территорию для устойчивого производства зерновых и овощных культур, однако продуктивность агроценозов остаётся лимитированной необходимостью учёта зональной неоднородности почвенно-климатических условий при проектировании севооборотов и оптимизации ресурсного обеспечения.

На представленной ниже карте наглядно отражено почвенное разнообразие территории Семикаракорского района Ростовской области, где каждый тип почв обозначен соответствующим цветовым маркером. В центральной части исследуемого района, включая территорию города Семикаракорска, доминируют черноземы южные (отмечены серым цветом), отличающиеся высоким естественным плодородием. На прилегающих участках встречаются отдельные вкрапления других типов почв, однако преобладающий черноземный покров определяет сельскохозяйственный потенциал территории (рис. 1).

Семикаракорск, располагаясь в центре черноземной зоны района, представляет особый интерес для сельскохозяйственных исследований.

Преобладающие здесь черноземы южные характеризуются оптимальными агрофизическими свойствами, что делает их особенно пригодными для возделывания различных сельскохозяйственных культур, включая зерновые и овощные. Детальный анализ почвенного покрова исследуемой территории позволяет оценить её значительный агропроизводственный потенциал.

В рамках проводимого исследования почвенного покрова Семикаракорского района установлено, что выявленные особенности почвенного покрова создают благоприятные предпосылки для организации устойчивого сельскохозяйственного производства на изучаемой территории. Однако для достижения максимальной продуктивности в условиях конкретного хозяйства необходимо учитывать локальную специфику почвенно-климатических условий при планировании севооборотов и разработке систем ресурсного обеспечения. Это требует проведения детального агрохимического обследования почв района и разработки дифференцированных режимов орошения сельскохозяйственных культур с учетом особенностей каждого земельного участка.

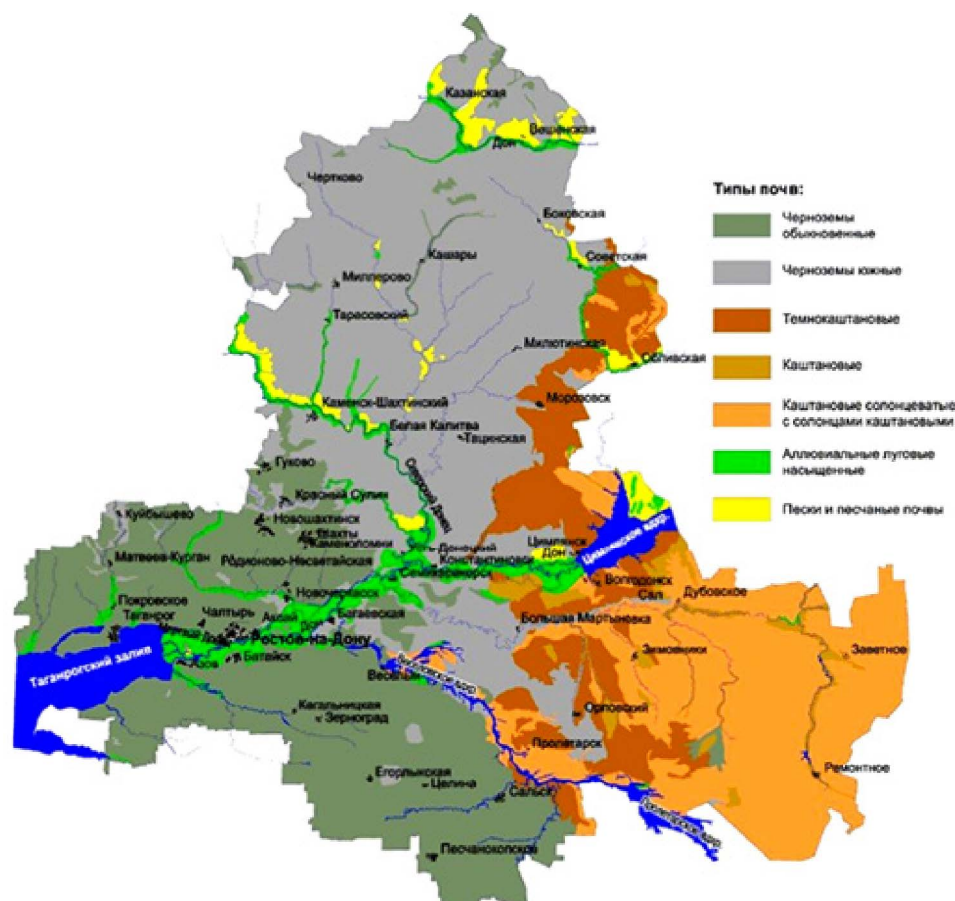


Рис. 1 – Почвенная карта
Ростовской области
Fig. 1 – Soil map of the Rostov region

Анализ метеорологических показателей вегетационного периода 2024 года в Семикаракорском районе позволяет сделать ряд существен-

ных выводов относительно условий выращивания столовой свёклы в полузасушливой степной зоне Ростовской области (табл. 1) [5].



Таблица 1 – Метеорологические показатели в сравнении со среднемноголетними данными, Семикаракорск, 2024 г.

Климатические показатели	Год	Месяц						Среднее за вегетационный период
		04	05	06	07	08	09	
Среднесуточная температура воздуха, °С	2024	15,8	15,2	24,1	26,9	24,5	20,7	21,2
	Средние многолетние данные	11,2	17,1	22,5	24,7	24,7	17,7	19,65
Осадки, мм	2024	17,0	3,9	50,0	5,0	6,0	4,0	$\Sigma = 85,9$
	Средние многолетние данные	20,8	31,4	22,4	26,5	11,5	15,9	$\Sigma = 128,5$
Относительная влажность воздуха, %	2024	61	52	56	42	43	36	48,3
	Средние многолетние данные	65	64	58	53	48	55	57

Температурный режим в 2024 году характеризовался повышенными показателями относительно среднемноголетних значений. В апреле отмечено превышение нормы на 4,6° С, в мае – отклонение составило –1,9° С, в летние месяцы температура превышала средние показатели: в июне на 1,6° С, в июле на 2,2° С. Средняя температура вегетационного периода составила 21,2° С, что свидетельствует о повышенном тепловом фоне.

Осадки распределились крайне неравномерно. Общая сумма за вегетационный период (85,9 мм) существенно ниже среднемноголетней нормы (128,5 мм). Особенно остро дефицит влаги проявился в мае-сентябре, где фактическое количество осадков составило 59,9 мм при норме 107,3 мм.

Влажность воздуха находилась на пониженных отметках, особенно в летний период. Среднесезонный показатель (48,3 %) значительно ниже нормы (57 %). Минимальные значения зафиксированы в июле-августе (42-43 %), что указывает на высокую испаряемость и напряжённый водный режим.

По формуле Г.Т. Селянинова (1) рассчитан гидротермический коэффициент:

$$\text{ГТК} = (85,9 \cdot 10) / (127,2 \cdot 30) = 0,23.$$

Гидротермический коэффициент свидетельствует о крайне засушливых условиях, приближающихся к показателям пустынной зоны. Такое значение ГТК создаёт критические условия для влагообеспеченности растений и требует применения специальных агротехнических приёмов по сохранению влаги.

Переходя к анализу производственной статистики столовой свеклы в Ростовской области, следует отметить положительную динамику развития овощеводства в регионе. Согласно актуальным данным, производство овощей открытого грунта демонстрирует устойчивый рост.

В структуре овощеводства Ростовской области столовая свекла занимает значимое место как культура, востре-

бованная в продовольственном секторе.

Проанализируем динамику посевных площадей столовой свёклы в секторе промышленного овощеводства России за период 2001-2024 годов (рис. 2) [6,7].

Данный график показывает динамику посевных площадей столовой свеклы в промышленном секторе овощеводства России за период с 2001 по 2023 годы. В 2001 году площадь составляла 16,0 тыс. га, затем наблюдался рост до 20,0 тыс. га в 2002 году. В 2003 году произошло небольшое снижение до 16,0 тыс. га, после чего площадь оставалась стабильной до 2005 года. В 2006 году площадь увеличилась до 14,7 тыс. га, а в 2007 году – до 15,1 тыс. га. В 2008 году был зафиксирован пик в 20,8 тыс. га, после чего началось постепенное снижение. К 2023 году площадь сократилась до 14,1 тыс. га.

Ростовская область, выступая в качестве одного из ключевых центров овощеводства России, вносит существенный вклад в производство столовой свёклы и других овощных культур, обеспечивая потребности внутреннего рынка. Однако, как видно из графика, общая тенденция к снижению посевных площадей может указывать на необходимость усиления поддержки аграрного сектора, включая внедрение новых технологий, улучшение инфраструктуры и стимулирование инвестиций в овощеводство.

Анализ динамики урожайности столовой свеклы в промышленном секторе овощеводства России за период 2012-2024 годов демонстрирует устойчивую положительную тенденцию развития данной отрасли (рис. 3) [6,7]. Начальный показатель 2012 года, составлявший 420,4 центнера с гектара, постепенно увеличивался, достигнув в 2013 году отметки 427,4 ц/га, а в 2014 году – 443,5 ц/га. Особенно значительный рост наблюдался в период 2015-2019 годов: если в 2015 году урожайность составляла 470 ц/га, то к 2019 году был достигнут максимальный показатель в 558,5 ц/га.



После небольшого снижения в 2020 году до 534,4 ц/га, показатели вновь продемонстрировали рост, достигнув в 2021 году уровня 550,6 ц/га. За рассматриваемый период урожайность столовой свеклы увеличилась более чем на 130 центнеров с гектара, что свидетельствует о суще-

ственном прогрессе в технологиях возделывания данной культуры.

Нижеприведённый график демонстрирует динамику валовых сборов столовой свеклы в промышленном секторе овощеводства России за период с 2001 по 2024 годы (рис. 4).

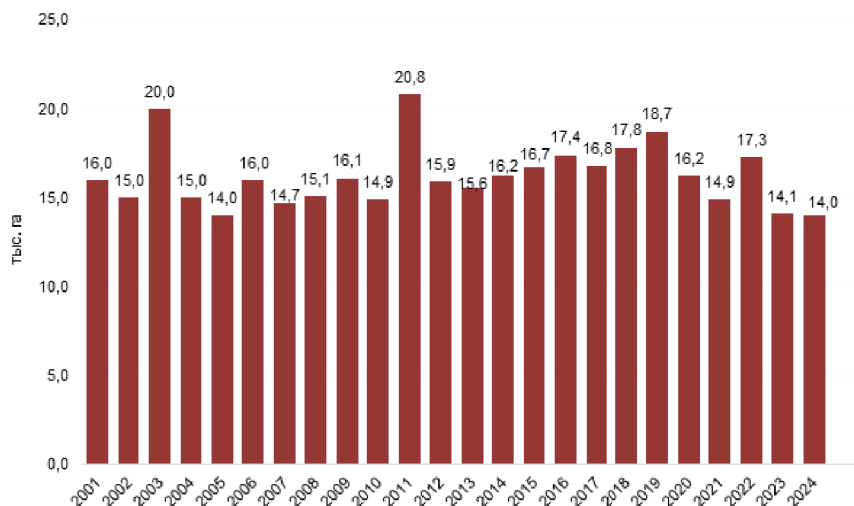


Рис. 2 – Посевные площади столовой свеклы в промышленном секторе овощеводства России за 2001-2024 гг., тыс. га
Fig. 2 – Acreage of table beet in the industrial sector of vegetable growing in Russia for 2001-2024, thousand hectares

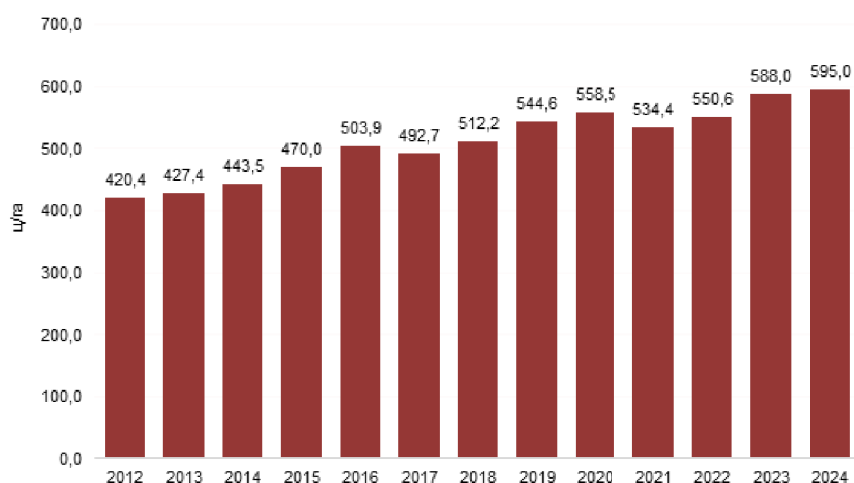


Рис. 3 – Урожайность столовой свеклы в промышленном секторе овощеводства России в 2012-2024 гг.
Fig. 3 – Table beet yield in the industrial sector of vegetable growing in Russia in 2012-2024

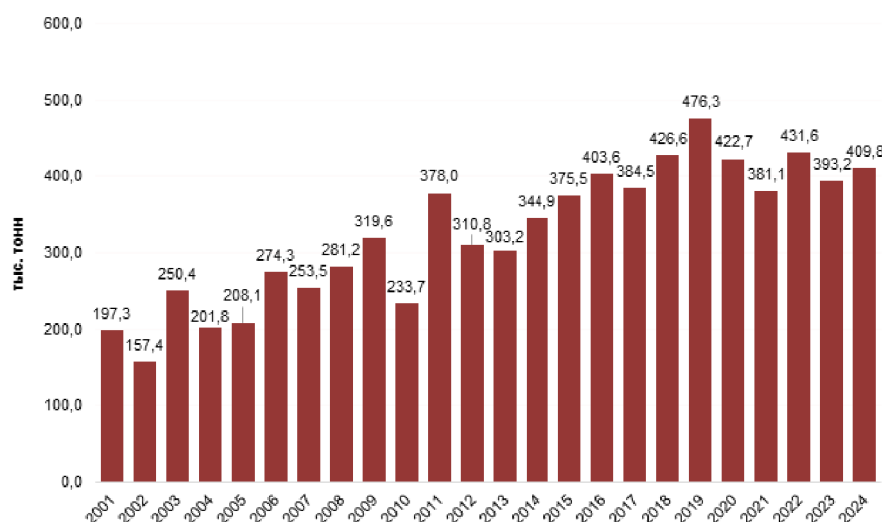


Рис. 4 – Валовые сборы столовой свеклы в промышленном секторе овощеводства России в 2001-2024 гг.
Fig. 4 – Gross table beet harvests in the industrial sector of vegetable growing in Russia in 2001-2024



В начале периода, в 2001 году, объем производства составлял 157,4 тысячи тонн. В последующие годы наблюдался постепенный рост: в 2002 году – 197,3 тысячи тонн, в 2003 году – 201,8 тысячи тонн. Значительный скачок произошел в 2004 году, когда производство достигло 250,4 тысячи тонн.

С 2005 по 2008 годы объемы производства колебались в пределах 253,5-281,2 тысячи тонн. В 2009 году произошел спад до 233,7 тысячи тонн, но уже в 2010 году производство выросло до 310,8 тысячи тонн.

Начиная с 2011 года, наблюдается устойчивый рост: в 2011 году – 378,0 тысячи тонн, в 2012 году – 384,5 тысячи тонн, в 2013 году – 375,5 тысячи тонн. Пик производства был достигнут в 2019 году и составил 476,3 тысячи тонн.

В последующие годы объемы производства оставались на высоком уровне: в 2020 году – 426,6 тысячи тонн, в 2021 году – 422,7 тысячи тонн, а в 2022 году – 393,2 тысячи тонн.

Следует отметить, что за рассматриваемый период производство столовой свеклы в России увеличилось более чем в три раза, что свидетельствует о развитии отрасли и внедрении современных технологий в овощеводстве.

Географическая структура производства столовой свеклы в России характеризуется выражен-

ной концентрацией в ведущих аграрных регионах страны. Традиционными лидерами по выращиванию овощей открытого грунта остаются Астраханская, Волгоградская, Московская, Ростовская, Саратовская, Воронежская области, а также Краснодарский и Ставропольский края и республики Северного Кавказа [8].

Примечательно, что, несмотря на повсеместное распространение культуры столовой свеклы, производство демонстрирует высокую региональную концентрацию: только пять ведущих субъектов РФ обеспечивают 40,1 % всего объема сборов. В числе ключевых регионов-производителей выделяются Московская, Самарская, Ростовская, Омская и Волгоградская области, которые формируют основу свекловодческого потенциала страны. Ростовская область, являясь одним из традиционных центров овощеводства, вносит существенный вклад в общероссийский объем производства столовой свеклы, демонстрируя высокий уровень агротехнического развития и эффективности сельскохозяйственного производства [8].

Проанализируем динамику основных показателей производства столовой свеклы в Ростовской области в период с 2017 по 2022 годы, включая посевную площадь, урожайность, валовой сбор (табл. 2) [7,9].

Таблица 2 – Динамика производства столовой свеклы в Ростовской области (2017-2024 гг.)

Год	Посевная площадь, тыс. га	Урожайность, т/га	Валовой сбор, тыс. т
2017	2,0	24,51	41,15
2018	1,6	23,90	39,02
2019	1,6	24,19	39,93
2020	1,2	23,24	28,23
2021	1,3	25,03	31,87
2022	1,3	22,78	28,49
2023	1,4	23,50	32,90
2024	1,5	24,02	36,03

Представленный временной ряд демонстрирует существенные колебания основных производственных показателей.

Проведенный анализ свидетельствует о наличии тенденции к сокращению посевных площадей, варьировавшихся в диапазоне от 1,2 до 2,0 тыс. га. При этом наблюдается нестабильность урожайности, колеблющейся в интервале 22,78-25,03 т/га.

Валовой сбор демонстрирует разнонаправленную динамику с максимумом в 41,15 тыс. т (2017 г.) и минимумом 28,23 тыс. т (2020 г.). К 2024 году зафиксировано увеличение данного показателя до 36,03 тыс. т.

Ростовская область, являясь одним из ключевых аграрных центров юга России, выделяется среди других субъектов федерации более высоким уровнем организации производства свеклы столовой. В то время как многие регионы испытывают сложности с внедрением современных технологий возделывания, здесь активно применяют-

ся прогрессивные методы выращивания культуры.

Особого внимания заслуживает тот факт, что область входит в число пяти ведущих регионов страны, обеспечивающих значительную долю общего объема производства столовой свеклы. При этом региональное производство характеризуется более высокой степенью концентрации в организованном секторе, что позволяет эффективнее внедрять инновационные технологии и контролировать качество продукции.

Региональное производство отличается более высокой культурой земледелия, что обусловлено накопленным опытом и развитой научно-исследовательской базой. В области активно ведётся работа по адаптации передовых технологий к местным условиям, что позволяет достигать более высоких показателей урожайности по сравнению со средними по стране.

В современных условиях сельскохозяйственного производства агроэкологические особенности Семикаракорского района Ростовской обла-



сти играют определяющую роль в формировании эффективной технологии возделывания столовой свёклы. Почвенно-климатический потенциал территории характеризуется преобладанием черноземных почв, которые, согласно результатам многочисленных исследований, в полной мере отвечают агротехническим требованиям данной культуры [9].

Физико-химические характеристики почв района требуют особого внимания при организации производственного процесса. Согласно научно обоснованным параметрам, для успешного культивирования столовой свёклы необходимо соблюдение следующих показателей: механический состав в диапазоне от легкого до тяжелого суглинки, мощность гумусового горизонта не менее 35-40 см, содержание органического вещества не ниже 2 % (при оптимальном значении 2,5-3 %), а также реакция среды в пределах 6,5-7,5 pH.

Технологическая система обработки почвы в условиях района представляет собой комплексный подход, включающий следующие агротехнические мероприятия. Предпосевная подготовка начинается с осеннего периода, предусматривающего лущение на глубину 5-10 см с последующей зяблевой вспашкой на 20-30 см. В весенний период осуществляется комплекс операций, включающий боронование (4-6 см), культивацию (12-14 см) и плоскорезную обработку (25-27 см).

Система удобрения базируется на научно обоснованных нормах внесения минеральных удобрений в дозе N80P75K75. При этом особое значение приобретает севооборотная система, где приоритетное место занимают культуры, под которые вносились органические удобрения.

Технологические параметры посева определяются термическим режимом почвы. Согласно результатам исследований, оптимальным периодом для посева является момент прогрева почвы до +6...+7° С. Агротехнические нормативы предусматривают варьирование глубины заделки семян в пределах 2-4 см с учетом типа почвы. Расчетная норма высева должна обеспечивать формирование оптимальной плотности растений: на среднеплодородных почвах – 350-400 тыс. шт./га, на менее плодородных – 270-300 тыс. шт./га.

Система ухода за посевами включает комплекс мероприятий по систематическому рыхлению и борьбе с сорной растительностью. В условиях района рекомендуется проведение 2-3 междурядных обработок. Водный режим почвы требует особого контроля, при этом влажность не должна снижаться до уровня мертвого запаса, а должна превышать абсолютную влажность завядания на 3-5 %.

Сортовой выбор приобретает стратегическое значение: внедрение одноростковых форм с повышенной засухоустойчивостью и коротким вегетационным периодом позволяет сократить период максимального водопотребления. Особое внимание уделяется предотвращению кольцеватости – сортовому признаку, усиливающемуся при температурных стрессах, что требует своевременной

браковки нетипичных экземпляров в фазе формирования корнеплода [11].

Современная система возделывания столовой свёклы в условиях Семикаракорского района Ростовской области предполагает обязательное соблюдение севооборота, поскольку, как показывают исследования, повторные посевы приводят к существенному снижению урожайности и увеличению поражаемости культуры комплексом вредителей и болезней [9].

Наряду с севооборотом, ключевым элементом современной агротехники столовой свёклы в условиях Семикаракорского района является оптимизация водного режима. В полусухой степной зоне Ростовской области, где среднегодовое количество осадков не превышает 350 мм, а испаряемость достигает 750-800 мм, рациональное использование влаги становится критически важным фактором. Исследования демонстрируют, что дефицит воды в критические фазы вегетации (формирование корнеплода и накопление сахаров) снижает урожайность на 40-60 %, а несбалансированный полив провоцирует развитие грибковых заболеваний [12].

Фундаментальные исследования в области водопотребления сельскохозяйственных культур и фундаментальные исследования в области водопотребления сельскохозяйственных культур берут своё начало в трудах А.Н. Костякова, который заложил основы отечественной мелиоративной науки. Именно он впервые разработал теоретические основы науки о гидромелиорации земель, включая методы расчёта режимов орошения сельскохозяйственных культур и техники полива [13].

Значительный вклад в развитие этих исследований внесли работы С.М. и А.М. Алпатьевых, И.М. Будыко, Г.Т. Балакая и В.И. Вихрова. Их теоретические разработки получили дальнейшее развитие в трудах С.В. Выхованко, М.Г. Голченко, Э.Г. Евтушенко и Н.А. Ивановой, в которых особое внимание уделялось моделированию гидротермических режимов на основе методик [14].

Применительно к столовой свёкле существенный вклад внесли исследования И.П. Кружилина, А.Р. Константинова и И.А. Кузника, которые развивали базовые принципы расчёта оросительных норм.

Региональные аспекты оптимизации поливных режимов для свёклы детально изучены в трудах С.М. Кривовяза, Г.А. Сенчукова, А.А. Собко и Б.Б. Шумакова. Их результаты, подтвержденные полевыми экспериментами в различных почвенно-климатических зонах России, легли в основу современных рекомендаций по дифференцированному орошению культуры.

Для расчёта поливных норм в условиях орошаемого земледелия применяется формула А.Н. Костякова [13]:

$$m = 100 \cdot \gamma \cdot H (B_0 - B) \text{ или } m = \gamma \cdot H \cdot B_0 (100 - b) \quad (2)$$

где m – норма полива, м³/га;

γ – плотность сложения увлажняемого слоя почвы, т/м³;

H – глубина увлажнения почвы, м;



B_0 – влажность почвы после полива (принято ППВ; НВ), % от массы сухой почвы;

B – влажность почвы перед поливом, % от сухой почвы;

b – влажность почвы, % от ППВ:

$$b = 100 \cdot B / B_0. \quad (3)$$

Суммарное водопотребление культуры (E , м³/га) определяется уравнением водного баланса:

$$E = M_{ор} + P_{ос} + W_r + \Delta W, \quad (4)$$

где $M_{ор}$ – оросительная норма,

$P_{ос}$ – эффективные осадки вегетационного периода,

W_r – использование грунтовых вод,

ΔW – изменение запасов влаги в почве.

Для столовой свёклы коэффициент водопотребления варьирует от 60 до 80 м³/т, достигая максимума в июле-августе (45-55 м³/га/сутки).

Практика показывает, что дифференцированный подход к орошению, учитывающий фенологические фазы, позволяет сократить водопотребление на 20-25 %. В фазу всходов (май-июнь) достаточен полив 50-60 м³/га, тогда как в период интенсивного роста корнеплодов (июль) норма увеличивается до 120-150 м³/га. При этом прекращение поливов за 20-25 дней до уборки снижает риск растрескивания корнеплодов на 30 %.

Важным дополнением к режиму орошения служит влагоберегающая обработка почвы. Глубокое рыхление (25-27 см) с одновременным внесением гидрогелей (15-20 кг/га) увеличивает влагоудерживающую способность песчаных почв района на 35-40 %.

Эффективность системы орошения столовой свёклы во многом определяется точностью расчёта эвапотранспирации и биоклиматических коэффициентов. Исследования показывают, что при оптимальной влагообеспеченности существует тесная связь между испарением влаги и энергетическими ресурсами атмосферы [14].

Биоклиматические коэффициенты играют ключевую роль в определении водного режима культуры. Установлено, что их значения варьируются в зависимости от фазы развития растения и гидрометеорологических условий. При этом коэффициент вариации составляет в среднем 15-19 %, что свидетельствует о достаточно стабильной зависимости.

Теплоэнергетические ресурсы района оказывают существенное влияние на формирование водного режима. Экспериментальные данные подтверждают, что существует нелинейная связь между состоянием растений, эвапотранспирацией и гидрометеорологическими условиями.

Современные методы управления водным режимом столовой свёклы базируются на принципах точного земледелия и математического моделирования. Системы точного земледелия позволяют учитывать неоднородность почвенных условий в пределах одного поля, что особенно актуально для полусасушливой зоны [15]. Для оптимизации режимов орошения применяется специализированное программное обеспечение, позволяющее в режиме реального времени отслеживать дина-

мику влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы.

Важным аспектом управления водным режимом является расчёт испаряемости, который производится по формуле Ольгаренко Г.В.:

$$E_{\omega} = A \cdot (d\phi)^{b \cdot t} \quad (5)$$

Для региона характерны следующие значения параметров:

Ростов-на-Дону: $A=1,593$, $b=0,017$;

Весёлый: $A=1,675$, $b=0,026$;

Азов: $A=1,912$, $b=0,013$;

Багаевская: $A=2,170$, $b=0,017$;

Семикаракорск: $A=2,12$, $b=0,014$.

Биоклиматический коэффициент водопотребления кормовой свёклы определяется по формуле:

$$K_E = W_{ис} / E_{\omega}, \quad (6)$$

где K_E – биоклиматический коэффициент;

$W_{ис}$ – суммарное испарение (мм);

E_{ω} – испаряемость как комплексная характеристика гидрометеорологических условий (мм).

При этом суммарное испарение рассчитывается с учётом эффективного слоя осадков и притока грунтовых вод:

$$\Delta W_{ис} = W_{ис} - \Delta_{ос} - W_{гр.в.исп.}, \quad (7)$$

где $\Delta W_{ис}$ – дефицит суммарного испарения с.-х. культур за расчётный период, мм;

$\Delta_{ос}$ – эффективный слой осадков за расчётный период, мм;

$W_{гр.в.исп.}$ – приток грунтовых вод при близком залегании их от поверхности почвы, мм.

Система учитывает множество факторов: фазы развития культуры, метеорологические показатели, водно-физические характеристики почвы и особенности применяемой техники полива. Благодаря этому становится возможным точно определять оптимальные сроки и нормы проведения поливных работ [16].

Программное обеспечение позволяет вести постоянный мониторинг водного режима и формирует рекомендации по оптимизации водопотребления. При этом учитываются как общие закономерности, так и локальные особенности конкретного участка – рельеф местности, механический состав почвы и оснащённость хозяйства техникой для полива.

Важным преимуществом современных методов расчёта является возможность визуализации процесса моделирования, что позволяет агрономам принимать более обоснованные решения по управлению водным режимом. Система помогает минимизировать непроизводительные потери воды и оптимизировать затраты на проведение оросительных работ.

Внедрение таких технологий способствует повышению точности определения поливных норм и улучшению качественных показателей урожая. Это особенно актуально в условиях полусасушливой зоны, где каждый литр воды имеет высокую ценность.

Комплексный подход к управлению водными ресурсами предполагает интеграцию различных технологических решений: от традиционных методов расчёта поливных норм до современных цифровых инструментов мониторинга [17]. Такой



подход позволяет учитывать множество факторов – от гидрологических условий конкретного участка до климатических особенностей региона.

Заключение

В результате исследования установлено, что Ростовская область обладает значительным потенциалом для развития свекловодства при условии грамотного учёта агроклиматических особенностей территории. Полузасушливая степная зона с характерным дефицитом осадков и повышенными температурами требует особого подхода к организации производства столовой свёклы.

Анализ современных научных данных показал, что чернозёмные почвы региона создают благоприятные условия для возделывания культуры при соблюдении оптимальных агротехнических параметров. Существенное значение имеет разработка дифференцированных систем орошения, учитывающих как биологические потребности культуры, так и региональные особенности водного режима.

Исследования подтвердили критическую зависимость урожайности от оптимизации водного режима. Дефицит влаги в критические фазы развития приводит к существенному снижению продуктивности и ухудшению качественных показателей. Внедрение современных методов управления водным режимом позволяет минимизировать потери и повысить эффективность производства.

Теоретическая значимость работы заключается в систематизации существующих знаний о водопотреблении столовой свёклы в условиях полузасушливой зоны. Практическая ценность определяется возможностью использования полученных данных для оптимизации режимов орошения на основе математического моделирования.

Полученные результаты подтверждают необходимость комплексного подхода к организации производства столовой свёклы, включающего рациональное использование водных ресурсов, соблюдение агротехнических требований и применение современных технологий возделывания.

Список источников

1. Свёкла столовая на орошаемых землях Ростовской области в условиях ресурсосбережения / Н. В. Михеев, Н. С. Конилов, Д. А. Страданченкова [и др.] // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 13–14 февраля 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 88–91.

2. Мельник, Т. В. Агроклиматические ресурсы Ростовской области и их соответствие особенностям возделываемых сельскохозяйственных культур / Т. В. Мельник, И. М. Калечак // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России : Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения), Новочеркасск, 07–24 ноября 2017 года / Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова. Том Выпуск 15. Часть

1. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2017. – С. 137–143.

3. СП 131.13330.2020 Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* / Минстрой России. – М., 2020. – 144 с.

4. Мельник, Т. В. Агроклиматические ресурсы Ростовской области и их соответствие особенностям возделываемых сельскохозяйственных культур / Т. В. Мельник, И. М. Калечак // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России : Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения), Новочеркасск, 07–24 ноября 2017 года / Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова. Том Выпуск 15. Часть 1. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2017. – С. 137–143.

5. Архив погоды в Семикаракорске [Электронный ресурс] // RP5: сайт. – URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Семикаракорске (дата обращения: 14.07.2025). – Режим доступа: свободный.

6. Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр» [Электронный ресурс] // АБ-Центр : сайт. – URL: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-stolovoy-svekly-klyuchevye-tendencii> (дата обращения: 17.07.2025). – Режим доступа: свободный.

7. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] // Росстат : официальный сайт. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 17.07.2025). – Режим доступа: свободный.

8. Тимакова, Л. Н. Анализ производства свёклы столовой в России / Л. Н. Тимакова, Т. Н. Сурихина // Картофель и овощи. – 2022. – № 9. – С. 20–23. – doi: 10.25630/PAV.2022.94.63.002.

9. Сурихина, Т. Н. Анализ современного состояния овощеводства Ростовской области / Т. Н. Сурихина, А. А. Рубцов // Картофель и овощи. – 2023. – № 5. – С. 14–18. – DOI 10.25630/PAV.2023.61.10.001.

10. Леунов, В. И. Столовые корнеплоды в России / В. И. Леунов ; Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 258 с. – ISBN 978-5-87317-744-8.

11. Кузнецова, Н. В. Возделывание столовой свёклы в орошаемом земледелии / Н. В. Кузнецова, Н. Е. Степанова // Вестник Прикаспия. – 2014. – № 1(4). – С. 3–6.

12. Мельник, Т. В. Дифференцированный режим орошения сельскохозяйственных культур / Т. В. Мельник, Э. Н. Степанова // Мелиорация как драйвер модернизации АПК в условиях изменения климата : Материалы V Международной научно-практической интернет-конференции, Новочеркасск, 22–24 апреля 2024 года. – Новочеркасск: Лик, 2024. – С. 69–74. – EDN HOLTUW.

13. Костяков А.Н. Принципы расчёта оросительных норм // Мелиорация и водное хозяйство. – 1955. – № 4. – С. 12–18.

14. Нормирование водопотребления сельскохозяйственных культур с учётом изменчивости



гидрометеорологических условий / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 2(30). – С. 22-40.

15. Gurjar, D. S. Precision irrigation management: concepts and applications for higher use efficiency in field crops / D. S. Gurjar // Lecture Chapter Precision Irrigation. – 2017. – № 6. – P. 181-190.

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025611602 Российская Федерация. «Моделирование режимов орошения сельскохозяйственной культуры»: за-

явл. 19.11.2024: опубл. 21.01.2025 / В. И. Коржов, Е. А. Волкова, Д. И. Ольгаренко, Э. Н. Степанова ; заявитель ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ".

17. Cao, X. Irrigation water use and efficiency assessment coupling crop cultivation, commutation and consumption processes / X. Cao, Yu. Li, M. Wu // Agricultural Water Management. – 2022. – Vol. 261. – P. 107370. – DOI 10.1016/j.agwat.2021.107370.

References

1. Svyokla stolovaya na oroshaemyh zemlyah Rostovskoy oblasti v usloviyah resursosberezheniya / N. V. Miheev, N. S. Konikov, D. A. Stradanchenkova [i dr.] // Resursosberegayushchie tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya proizvodstva produkci rastenievodstva i zhivotnovodstva : Sbornik statej VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Penza, 13–14 fevralya 2023 goda. – Penza: Penzenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2023. – S. 88-91.
2. Mel'nik, T. V. Agroklimateicheskie resursy Rostovskoy oblasti i ih sootvetstvie osobennostyam vozdeleyvaemyh sel'skohozyajstvennykh kul'tur / T. V. Mel'nik, I. M. Kalechak // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. Puti povysheniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti melioracij zemel' Yuga Rossii : Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii (Shumakovskie chteniya), Novochoerkassk, 07–24 noyabrya 2017 goda / Novochoerkasskiy inzhenerno-meliorativnyy institut imeni A.K. Kortunova. Tom Vypusk 15. Chast' 1. – Novochoerkassk: OOO "Lik", 2017. – S. 137-143.
3. SP 131.13330.2020 Svod pravil. Stroitel'naya klimatologiya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 23-01-99* / Ministroy Rossii. – M., 2020. – 144 s.
4. Mel'nik, T. V. Agroklimateicheskie resursy Rostovskoy oblasti i ih sootvetstvie osobennostyam vozdeleyvaemyh sel'skohozyajstvennykh kul'tur / T. V. Mel'nik, I. M. Kalechak // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. Puti povysheniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti melioracij zemel' Yuga Rossii : Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii (Shumakovskie chteniya), Novochoerkassk, 07–24 noyabrya 2017 goda / Novochoerkasskiy inzhenerno-meliorativnyy institut imeni A.K. Kortunova. Tom Vypusk 15. Chast' 1. – Novochoerkassk: OOO "Lik", 2017. – S. 137-143.
5. Arhiv pogody v Semikarakorske [Elektronnyy resurs] // RP5: sayt. – URL: https://rp5.ru/Arhiv_pogody_v_Semikarakorske (data obrashcheniya: 14.07.2025). – Rezhim dostupa: svobodnyj.
6. Ekspertno-analiticheskij centr agrobiznesa «AB-Centr» [Elektronnyy resurs] // AB-Centr : sayt. – URL: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-stolovoy-svekly-klyuchevye-tendencii> (data obrashcheniya: 17.07.2025). – Rezhim dostupa: svobodnyj.
7. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Elektronnyy resurs] // Rosstat : oficial'nyy sayt. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (data obrashcheniya: 17.07.2025). – Rezhim dostupa: svobodnyj.
8. Timakova, L. N. Analiz proizvodstva svekly stolovoy v Rossii / L. N. Timakova, T. N. Surihina // Kartofel' i ovoshchi. – 2022. – № 9. – S. 20-23. –doi: 10.25630/PAV.2022.94.63.002.
9. Surihina, T. N. Analiz sovremennogo sostoyaniya ovoshchevodstva Rostovskoy oblasti / T. N. Surihina, A. A. Rubcov // Kartofel' i ovoshchi. – 2023. – № 5. – S. 14-18. – DOI 10.25630/PAV.2023.61.10.001.
10. Leunov, V. I. Stolovye korneplody v Rossii / V. I. Leunov ; Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut ovoshchevodstva. – Moskva : Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2011. – 258 s. – ISBN 978-5-87317-744-8.
11. Kuznecova, N. V. Vozdeleyvanie stolovoy svekly v oroshaemom zemledelii / N. V. Kuznecova, N. E. Stepanova // Vestnik Priaspia. – 2014. – № 1(4). – S. 3-6.
12. Mel'nik, T. V. Differencirovannyj rezhim orosheniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur / T. V. Mel'nik, E. N. Stepanova // Melioraciya kak drajver modernizacii APK v usloviyah izmeneniya klimata : Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy internet-konferencii, Novochoerkassk, 22–24 aprelya 2024 goda. – Novochoerkassk: Lik, 2024. – S. 69-74. – EDN HOLTUW.
13. Kostyakov A.N. Principy raschyota orositel'nykh norm // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 1955. – № 4. – S. 12–18.
14. Normirovanie vodopotrebleniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur s uchyotom izmenchivosti gidrometeorologicheskikh uslovij / V. I. Ol'garenko, I. V. Ol'garenko, V. I. Ol'garenko [i dr.] // Nauchnyy zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. – 2018. – № 2(30). – S. 22-40.
15. Gurjar, D. S. Precision irrigation management: concepts and applications for higher use efficiency in field crops / D. S. Gurjar // Lecture Chapter Precision Irrigation. – 2017. – № 6. – P. 181-190.
16. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2025611602 Rossijskaya Federaciya. «Modelirovanie rezhimov orosheniya sel'skohozyajstvennoj kul'tury»: zayavl. 19.11.2024 : opubl. 21.01.2025 / V. I. Korzhov, E. A. Volkova, D. I. Ol'garenko, E. N. Stepanova ; zayavitel' FEDERAL'NOE



GOSUDARSTVENNOE BYuDZhETNOE OBRAZOVATEL'NOE UChREZhDENIE VYSShEGO OBRAZOVANIYa "DONSKOJ GOSUDARSTVENNYJ AGRARNYJ UNIVERSITET".

17. Cao, X. Irrigation water use and efficiency assessment coupling crop cultivation, commutation and consumption processes / X. Cao, Yu. Li, M. Wu // *Agricultural Water Management*. – 2022. – Vol. 261. – P. 107370. – DOI 10.1016/j.agwat.2021.107370.

Информация об авторе

Степанова Эльвира Николаевна, аспирант, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ, bokhan.elvira@yandex.ru

Author Information

Stepanova Elvira N., Postgraduate Student, Novocherkassk Engineering and Melioration Institute named after A.K. Kortunov, Donskoy SAU, bokhan.elvira@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 12.08.2025; одобрена после рецензирования 12.09.2025 ; принята к публикации 15.09.2025

The article was submitted 12.08.2025; approved after reviewing 12.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.22/28/082
DOI: 10.36508/RSATU.2025.13.22.009

**ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛАКТАЦИИ ПЕРВОТЁЛОК ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ
ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Любовь Георгиевна Хромова¹✉, Наталья Викторовна Байлова², Нина Ивановна Морозова³

^{1,2} ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Россия

³ ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹ hromovva@yandex.ru

² bailova2013@yandex.ru

³ n.morozova53@yandex.ru

Аннотация

Проблема и цель. Крупные высокотехнологичные компании, специализирующиеся на молочном скотоводстве и использующие для формирования стад голштинскую породу, играют ключевую роль в производстве молока в России. Однако, несмотря на высокие показатели удоев, продуктивный потенциал животных не всегда полностью реализуется в условиях интенсивного производства. Это требует тщательной оптимизации рационов, улучшения условий содержания коров и внедрения более оперативных методов управления. Одним из инновационных подходов, направленных на повышение эффективности молочного производства, является использование компонентов молока как биомаркеров для оценки обменных процессов в организме и выявления факторов, влияющих на продуктивность коров. Цель исследования – изучение показателей лактации коров голштинской породы, в том числе компонентного состава молока как биомаркеров в оценке обмена веществ. Это необходимо для выявления факторов, ограничивающих полную реализацию продуктивного потенциала коров в условиях интенсивной технологии.

Результаты. Установлены достаточно высокие удои первотелок при средней жирности и высокой белковости молока за стандартную лактацию. Коэффициент устойчивости лактации первотелок выше единицы ($1,08 \pm 0,019$), что указывает на нереализованный продуктивный потенциал. В начале лактации содержание жира и белка было высоким, затем снижалось и снова повышалось к концу лактации. Изменения содержания лактозы в молоке происходили с меньшей амплитудой; её концентрация была ниже в начале лактации, затем незначительно увеличивалась и снижалась к концу лактации. Изменения концентрации лактозы напрямую связаны с удоем. Содержание соматических клеток соответствовало нормативным показателям, и у незначительной доли коров наблюдалось превышение их в молоке. Содержание кетоновых тел и мочевины было в пределах нормы, что свидетельствует об оптимальном углеводно-протеиновом обмене в организме. Однако в первые три месяца лактации у 45-68,3 % коров содержание мочевины в молоке было оптимальным, а у остальных животных наблюдался дисбаланс энергии и протеина в рационе.

Заключение. Генетически заложенные возможности удоев коров голштинской породы не полностью реализуются в условиях интенсивной технологии, что требует оптимизации производственных процессов и более оперативного управления отраслью. В этой связи использование компонентного состава молока как биомаркеров будет способствовать повышению продуктивности и улучшению функционального состояния коров.

Ключевые слова: первотелки, удои, лактационная кривая, компоненты молока, продуктивный потенциал, биомаркеры

Для цитирования: Хромова Л.Г., Байлова Н.В., Морозова Н.И. Оценка показателей лактации первотёлок голштинской породы в условиях интенсивной технологии // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025., Т.17, №3, С.66-74 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2025.13.22.009](https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.13.22.009)



ASSESSMENT OF LACTATION PARAMETERS OF HOLSTEIN FIRST-BORN HEIFERS UNDER CONDITIONS OF INTENSIVE TECHNOLOGY

Lyubov G. Khromova¹✉, Natalya V. Baylova², Nina I. Morozova³

^{1,2} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia

³ Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ hromovva@yandex.ru

² bailova2013@yandex.ru

³ n.morozova53@yandex.ru

Annotation

Problem and purpose. Large high-tech companies specializing in dairy cattle breeding and using the Holstein breed to form herds play a key role in milk production in Russia. However, despite the high milk yield rates, the productive potential of animals is not always fully realized in conditions of intensive production. This requires careful optimization of rations, improvement of cow husbandry conditions, and the introduction of more operational management methods. One of the innovative approaches aimed at improving the efficiency of dairy production is the use of milk components as bioindicators to assess metabolic processes in the body and identify factors affecting cow productivity. The aim of the study was to study the lactation parameters of Holstein cows, including the component composition of milk as biomarkers in the assessment of metabolism. This is necessary to identify the factors limiting the full realization of the productive potential of cows in conditions of intensive technology.

Results. High milk yields of the first heifers with medium fat content and high protein content of milk for standard lactation have been established. The lactation stability coefficient of the first heifer is higher than unity (1.08 ± 0.019), which indicates an unrealized productive potential. At the beginning of lactation, the fat and protein content was high, then decreased and increased again by the end of lactation. Changes in the lactose content in milk occurred with a smaller amplitude; its concentration was lower at the beginning of lactation, then increased slightly and decreased by the end of lactation. Changes in lactose concentration are directly related to milk yield. The content of somatic cells corresponded to the normative indicators, and a small proportion of cows had an excess of them in milk. The content of ketone bodies and urea was within the normal range, which indicates optimal carbohydrate-protein metabolism in the body. However, in the first three months of lactation, 45-68.3% of cows had optimal urea content in milk, while the rest of the animals had an imbalance of energy and protein in the diet.

Conclusion. The genetically inherent milk production capabilities of Holstein cows are not fully realized in conditions of intensive technology, which requires optimization of production processes and more efficient management of the industry. In this regard, the use of milk components as bioindicators will help to increase productivity and improve the functional condition of cows.

Key words: first-heifers, milk yield, lactation curve, milk components, productive potential, bioindicators

For citation: Khromova L. N. G. N., Baylova N. V. N., Morozova N. I. N. Assessment of lactation parameters of Holstein heifers under conditions of intensive technology // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.3, P. 66-74 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.13.22.009>

Введение

В развитие молочной отрасли России значительный вклад вносят крупные высокотехнологичные компании, дающие более 60 % высококачественного молочного сырья от всего производимого хозяйствами различных форм собственности [1]. В их стадах доминирует голштинская порода, составляющая 71,59 % всего отечественного молочного стада. Голштины в нашей стране имеют самый высокий удой за лактацию – 10082 кг – при жирности молока 3,82 % и белковости 3,33 %. Однако лучшие аграрные предприятия получают свыше 15 000 кг молока, в ООО СП «Чапаевское» (Ставропольский край) удой на корову достиг 16026 кг, жирность и белковость молока составили 3,7 % и 3,4 % соответственно [2].

Эти сравнения указывают на то, что голштинская порода в условиях интенсивной технологии

не полностью реализует генетически заложенные возможности молочной продуктивности. Высокие удои коров создают большую напряженность процессов метаболизма и повышенную чувствительность к изменениям среды, что обуславливает организацию полноценного питания жвачных и более оперативного управления отраслью [3-5].

В последнее время для этих целей стали использовать компоненты молока. Это включает изучение особенностей лактационной функции голштинской породы и анализ компонентного состава молока для выявления факторов, ограничивающих реализацию продуктивного потенциала в условиях интенсивной технологии, что и определило цель нашей работы.

Материалы и методы исследований

Исследования были проведены в условиях высокотехнологичного молочного комплекса «Вы-



сокое» компании «ЭкоНиваАгро» в Лискинском районе Воронежской области, крупнейшем производителе молока в России. Среднегодовой удой коров по стаду голштинской породы (3000 голов) составил 10672 кг молока, с жирностью 3,81 % и белковостью 3,5 %, то есть на уровне средней продуктивности голштинского стада в России. Повышение удоя и качественных характеристик молока коров является первостепенной задачей аграрного предприятия.

Объектом исследования являлись 60 голов первотелок, растелившиеся в марте 2024 года. Предметом изучения были показатели молочной продуктивности (ГОСТ 27773-88), удои и компонентный состав молока коров в динамике нормированной лактации.

Ежемесячный состав молока у включенных в опыт первотелок определяли инструментальным экспресс-методом (ГОСТ 32255-2013) с применением инфракрасного анализатора CombiFoss FT+ в аккредитованной «Лаборатории селекционного контроля качества молока» (Москва, Сколково).

Оценку лактационного процесса первотелок провели с учетом изменения величины суточных удоев и составных частей молока в течение нормированной лактации и на основе этого построении лактационных кривых. Устойчивость (пер-

систентность) лактации УЛ определили по ГОСТ 27773-1988:

$$УЛ = \frac{Y_2}{Y_1} \cdot 100 ;$$

где Y_2 – удой за вторые 100 дней лактации;

Y_1 – удой за первые 100 дней лактации.

Для расчета энергетической ценности (ЭЦ, ккал) молока пользовались формулой:

$$ЭЦ = Б \cdot 4,0 + Ж \cdot 9,0 + Л \cdot 3,8;$$

где Б, Ж, Л – содержание белка, жира, лактозы в 100 г молока, %;

9,0; 3,8; 4,0 – энергия, выделяемая при окислении соответственно 1 г жиров, углеводов, белков, ккал.

Полученные по результатам исследований числовые значения подтвердили биометрической обработкой на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Excel и применением методик Е.К. Меркурьевой [8] и Н.А. Плохинского [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Установлены достаточно высокие удои при средней жирности и высокой белковости молока коров за нормированную лактацию (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика молочной продуктивности коров-первотелок (за нормированную лактацию)

Показатель	М	m	О	CV
Удой, кг: за лактацию	10582	92,1	713,7	6,7
среднесуточный	34,7	0,30	2,4	6,8
высший суточный	42,1	0,36	2,78	6,61
Жирность молока, %	3,95	0,035	0,27	6,8
Белковость молока, %	3,67	0,016	0,121	3,3
Продукция молочного жира, кг	417,7	4,26	32,97	7,9
Продукция молочного белка, кг	388,2	3,57	27,68	7,1
Устойчивости лактации	1,08	0,019	0,14	13,4

Невысокие показатели фенотипической изменчивости признаков молочной продуктивности указывают на их консолидацию, что очень важно при формировании технологических групп животных в больших стадах высокотехнологичных молочных комплексов.

Молочная продуктивность коров предопределена напряженной и взаимосвязанной работой всего организма. Генетика и условия среды формируют потенциал коровы синтезировать компоненты молока, устойчивость и продолжительность лактации [10].

При полноценном кормлении коров лактационная кривая, вне зависимости от уровня удоев, имеет определенный рациональный вид: в первые 2 месяца после отела удой повышается, достигнув пика лактации, а затем до её конца ежемесячно понижается от 3 до 9 % [10]. Именно на такую динамику удоев в настоящее время ориентированы

системы кормления высокопродуктивных коров. Лактационная кривая исследуемых животных имела существенное от неё отличие (рис. 1).

Суточные удои первотелок повышались до 4-го месяца лактации, затем в течение 5-6 месяцев происходила их стабилизация, и начиная с 7-го месяца шло последовательное снижение от 2,5 % до 12,5 %. Самые высокие суточные удои у животных проявлялись преимущественно с 4-го по 6-й месяцы лактации. Устойчивость лактации – способность сохранять удои на протяжении всего лактационного периода, была выше 1, тогда как хорошая персистентность её, по сообщению авторов, составляет 0,8-0,95 [11-14]. Это свидетельствует о том, что продуктивный потенциал животных не полностью реализован, так как наиболее интенсивный лактогенез у коров высокопродуктивных молочных пород идет в первые два месяца лактации.



Молоко – секрет молочной железы, представляющий собой многокомпонентную, полидисперсную систему. Вещества, содержащиеся в секрете, находятся в состоянии равновесия в трех фазах: крупные жировые глобулы, поддерживают эмульгированное состояние жира; белки в форме более мелких казеиновых мицелл и сывороточные

белки, образуют коллоидную дисперсию в водном растворе остальных составных частей, в том числе и лактозы. Лактоза и неорганические соли, полностью растворенные в водной среде, образуют молекулярную фазу, то есть образуют дисперсионную среду [15].

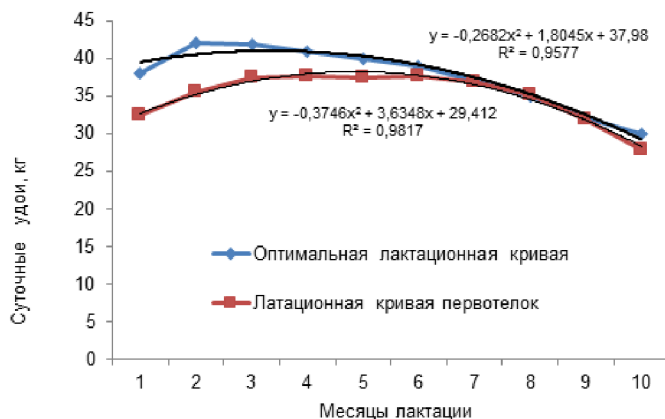


Рис. 1 – Характеристика лактационной кривой
Fig. 1 – Characteristics of the lactation curve

Составные части молока синтезируются в вымени из питательных веществ корма, доставляемых в молочную железу кровью. Концентрация этих компонентов зависит от поступления соответствующих предшественников, объема протекающей крови, степени извлечения их тканями железы и активности ферментов, избирательно влияющих на их синтез [16].

Молочный жир синтезируется в молочной железе из триглицеридов плазмы крови, жирных кислот и частично из глюкозы. Предшественниками казеина являются свободные аминокислоты плазмы крови. Сывороточные белки поступают в молоко уже в готовом виде [15].

Лактоза выполняет важную функцию в формировании количественного и качественного состава молока. Её синтез в железистой ткани молочной железы из глюкозы крови под действием фермента лактозосинтетазы сопровождается втягиванием воды. На образование 1 мкг молочного сахара приходится почти в десять раз больше воды. Та-

ким образом, глюкоза является одним из активных компонентов, контролирующих его объем, и определяет половину осмотического давления молока [15-17].

Вариабельность деятельности систем синтеза составных частей молока в молочной железе объясняется влиянием гормонального фона в течение лактации. В фазе доминанты лактации существенно возрастает глюкогенная активность печени, в результате концентрация лактозы и удой повышаются, а перед запуском снижаются [16, 18].

Динамика изменения основных компонентов молока первотелок в ходе лактации проходила неодинаково (рис. 2).

В начале лактации содержание жира и белка в молоке было высоким, затем оно снижалось, а к девятому-десятому месяцу лактации снова повышалось. Изменения содержания лактозы в молоке в течение лактации происходили с меньшей амплитудой, чем изменения показателей уровня белка и жира.

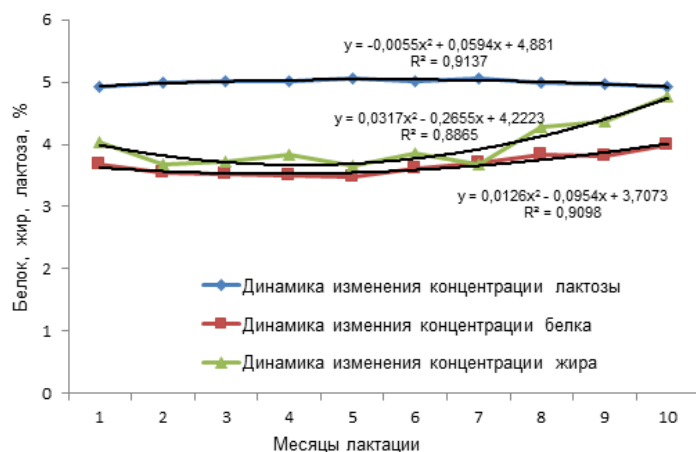


Рис. 2 – Динамика изменения основных компонентов молока
Fig. 2 – Dynamics of changes in the main components of milk



Концентрация лактозы, напротив, была несколько ниже в начале лактации, затем она незначительно увеличивалась и снижалась уже к концу стандартной лактации. Эти направления подтверждают линии тренда с высоким уровнем достоверности аппроксимации: для жира $R^2 = 0,8865$; белка $R^2 = 0,9098$ и лактозы $R^2 = 0,9137$. Это подтверждает логичность и прогнози-

руемость такого изменения.

Перемены, происходящие в концентрации лактозы, хотя и невелики (4,93–5,05 %), но свидетельствуют о наличии прямой связи между содержанием лактозы и удоем с высокой достоверностью их аппроксимации (лактозы – $R^2=0,9137$, удоя – $R^2=0,9817$) (рис. 3).

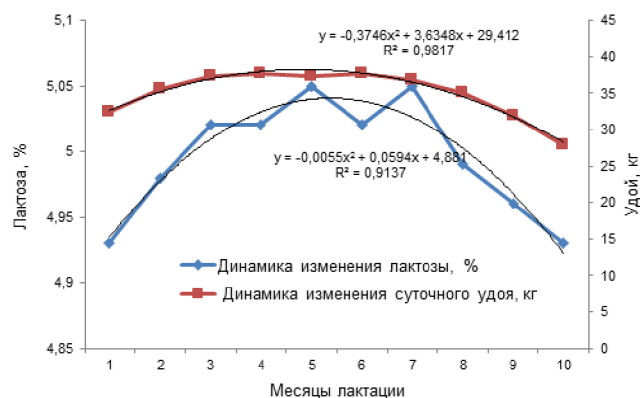


Рис. 3 – Взаимосвязь между показателями удоя и содержанием лактозы в молоке

Fig. 3 – The relationship between milk yield and lactose content in milk

Компоненты (жир, белок и лактоза) составляют основу сухого вещества и определяют питательную, в том числе и энергетическую, ценность молока. Суммарная их концентрация и, соответственно, энергетическая ценность молока имели одинаковую вариацию, достигая максимума в первый и десятый месяцы лактации (рис. 4).

Молочная продуктивность коров является комплексным признаком с полигенным наследованием. Характеристика взаимосвязей между исследуемыми признаками молочной продуктивности, определяемых коэффициентом корреляции, представлена в таблице 2.

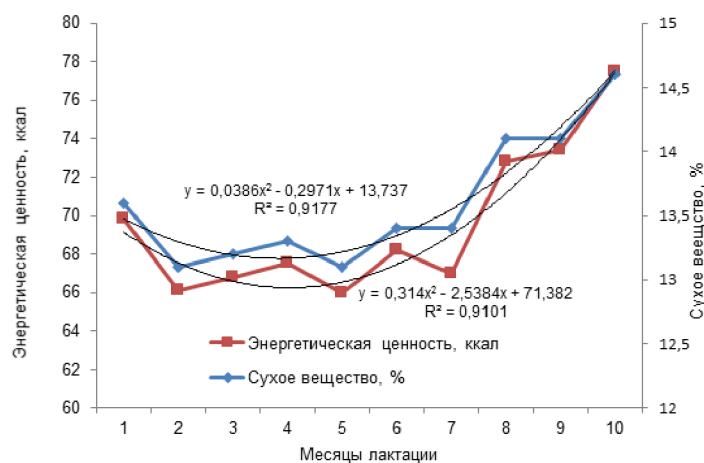


Рис. 4 – Динамика средних значений сухого вещества и энергетической ценности молока

Fig. 4 – Dynamics of average values of dry matter and energy value of milk

Таблица 2 – Взаимосвязь между основными селекционными признаками молочной продуктивности

Коррелирующие признаки	Коэффициент корреляции (r)
Удой - содержание лактозы	0,42±0,038
Удой - белковость молока	- 0,29±0,040
Удой - жирность молока	- 0,36±0,039
Белковость молока - жирность молока	0,71±0,029
Белковость молока - содержание лактозы	- 0,32±0,039
Жирность молока - содержание лактозы	-0,37±0,039
Удой - продукция молочного сахара	0,99±0,016
Удой - продукция молочного белка	0,88±0,043
Удой - продукция молочного жира	0,57±0,076
Удой - устойчивость лактации	0,27±0,088



Установлена прямая, сильная ($r > 0,70$) связь между удоем и продукцией молочного сахара, удоем и продукцией молочного белка, белковостью и жирностью молока. Между удоем и продукцией молочного жира, удоем и содержанием лактозы прослеживалась средняя связь ($r > 0,50$), а между удоем и устойчивостью лактации – слабая связь ($r > 0,20$). Это означает, что отбор лучших особей по одним признакам способствует улучшению других признаков, которые с ними взаимосвязаны.

В результате исследования выявлена и обратная (отрицательная) связь относительно удоя и белковости молока, удоя и жирности молока, содержания лактозы и белковостью молока, а также между содержанием лактозы и жирностью молока. Коэффициент корреляции (r) превышает 0,30, что подтверждает умеренную силу связи. Это предполагает, что при улучшении одного из признаков путем селекции будет наблюдаться ухудшение другого, коррелирующего с ним признака.

Применение этого статистического метода анализа в комплексе с биологическими методами позволит более детально изучить взаимосвязь между признаками, важными для селекционной работы со стадом и принимать более обоснованные решения, что при интенсивной се-

лекции имеет особую актуальность.

Соматические клетки (клетки тела) представляют собой естественную компоненту молока, свидетельствующую о его качестве и безопасности, а также здоровье животных. Их содержание и морфологические признаки могут меняться в основном в зависимости от возраста коровы, стадии лактации, состояния здоровья, особенно вымени, и биологической полноценности рационов [15].

Концентрация клеток тела в секрете до 500 тыс. в 1 мл считается физиологической нормой, превышение её свидетельствует об инфекционном заболевании вымени. Международная молочная федерация (IDF) рекомендует считать молоко доброкачественным, если в 1 мл содержится не более 500 тысяч соматических клеток. В соответствии с национальным стандартом (ГОСТ Р 52054-2023) в сыром молоке высшего сорта допускается содержание соматических клеток не более 250 тыс./мл., а с концентрацией свыше 750 тыс./мл. молочное сырье не должно поступать на переработку.

Изменение концентрации соматических клеток в образцах молока первотелок в течение нормированной лактации представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика содержания соматических клеток в молоке

Месяц лактации	Концентрация, тыс./1 мл	Коров с числом соматических клеток:			
		более 500 тыс./1 мл		более 250 тыс./1 мл	
		голов	%	голов	%
1	107,6 ± 47,81	2	3,3	2	3,3
2	93,1 ± 46,6	2	3,3	3	5,0
3	70,7 ± 13,26	1	1,7	4	6,7
4	68,4 ± 20,70	2	3,3	3	5,0
5	69,9 ± 16,42	1	1,7	3	5,0
6	98,0 ± 32,88	2	3,3	5	8,3
7	68,0 ± 11,87	1	1,7	3	5,0
8	97,3 ± 29,13	2	3,3	2	3,3
9	82,0 ± 20,44	1	1,7	5	8,3
10	76,4 ± 18,79	1	1,7	2	3,3

Анализ данных таблицы 3 указывает на то, что концентрация соматических клеток в секрете в целом соответствует установленным нормативным показателям, что свидетельствует о высоком качестве молока и хорошем состоянии молочной железы. Однако у 1,7-3,3 % (1-2 головы) первотелок ежемесячно наблюдалась повышенная их концентрация, что может указывать на потенциальный риск развития мастита, а у 3,3-8,3 % (2-5 голов) животных оно не соответствовало принятой норме для высшего сорта.

Большинство нативных компонентов коровьего молока, несмотря на их незначительное количество, обычно учитывают как второстепенные. Однако в последнее время их вариации в молоке используются для оценки состояния обмена веществ дойного стада. Например, остатки следов ацетона и бета-гидроксипропионата служат для диагностики субклинической формы кетоза у живот-

ных. Допустимый предел кетоновых тел в молоке составляет 0-0,10 ммоль/л, превышение его указывает на нарушение углеводно-протеинового обмена в организме животных.

Мочевина является ключевым остаточным продуктом метаболизма белков, и её концентрация в молоке используется для оценки поступления сырого протеина и энергетического баланса в рационах коров. Исследования отечественных и зарубежных авторов показывают, что оптимальная концентрация мочевины в молоке составляет 20-25 мг%, а приемлемый интервал – 26-30 мг%. Содержание мочевины менее 15 мг% может привести к снижению продуктивности и фертильности коров.

Результаты оценки состояния метаболических процессов в организме коров по остаточным следам кетоновых тел и концентрации мочевины в молоке представлены в таблице 4.



Таблица 4 – Изменение минорных компонентов молока в динамике лактации коров

Месяц лактирования:	Мочевина, мг%	Ацетон, ммоль/л	Бета-гидроксibuтират, ммоль/л
1	22,8±1,03	0,02±0,003	0,04±0,005
2	20,5±0,65	0,03±0,003	0,01±0,001
3	23,5±0,55	0,02±0,003	0,02±0,001
4	24,5±0,60	0,03±0,004	0,01±0,001
5	29,3±0,67	0,03±0,003	0,02±0,002
6	25,2±0,53	0,02±0,003	0,01±0,001
7	26,3±0,57	0,02±0,002	0,01±0,001
8	26,9±0,64	0,01±0,001	0,00±0,000
9	30,3±0,62	0,01±0,001	0,02±0,002
10	29,±0,49	0,00±0,001	0,01±0,002

Анализ данных таблицы 4 показывает, что средние значения содержания кетоновых тел в молоке и у отдельных животных находились в пределах нормы. Это свидетельствует об оптимальном углеводно-протеиновом обмене в организме. Концентрация мочевины также соответствовала

установленным референтным значениям. Однако при более детальном анализе соотношения удоя и уровня мочевины в молоке было выявлено, что в первые три месяца лактации только у 45-68,3 % коров рацион был сбалансирован по энергии и сырому протеину (табл. 5).

Таблица 5 – Оценка баланса рациона коров по протеину и энергии (по соотношению удоя и содержания мочевины в молоке)

Оптимальное соотношение между удоем и содержанием мочевины в молоке [15]		Соответствовало норме в первую фазу лактации:					
		первый месяц		второй месяц		третий месяц	
суточный удой, кг	содержание мочевины, мг%	голов	%	голов	%	голов	%
До 25	15-25	4	6,7	2	3,4	-	-
25-35	20-30	25	41,7	11	18,3	16	26,7
35-40	22-35	11	18,3	11	18,3	16	26,7
Свыше 40	25-40	1	1,7	3	5	7	11,7
Итого		41	68,3	27	45	39	65,1
Всего оцениваемых первотелок		60	100	60	100	60	100

Это, на наш взгляд, стало одной из причин, не позволивших животным полностью реализовать свой продуктивный потенциал. В результате максимальные суточные удои были достигнуты на 5-6-м месяцах лактации.

Заключение

Установлены высокие удои первотелок с хорошей жирностью и высокой белковостью молока за нормированную лактацию. Коэффициент устойчивости удоев выше единицы указывал на то, что генетически заложенные возможности удоев коров голштинской породы не полностью реализуются в условиях интенсивной технологии. Содержание жира и белка в молоке было закономерно высоким в начале лактации, снижалось в середине и снова повышалось к концу. Изменения концентрации лактазы происходили с меньшей амплитудой: несколько ниже в начале лактации, затем концентрация увеличивалась и снова снижалась к концу. Содержание соматических клеток в секрете в целом соответствовало установленным норматив-

ным показателям и свидетельствовало о высоком качестве молока и хорошем состоянии молочной железы. Средние значения следов кетоновых тел в молоке находились в пределах нормы, что указывало на оптимальный углеводно-протеиновый обмен в организме животных. Концентрация мочевины в целом также соответствовала референтным значениям, но в первые три месяца лактации только 45-68,3 % коров имели сбалансированный рацион по энергии и сырому протеину, что, на наш взгляд, стало одной из причин сдерживания реализации генетически заложенного потенциала удоя. В этой связи использование компонентного состава молока как биоиндикаторов будет способствовать повышению продуктивности и улучшению функционального состояния коров.

Список источников

1. Маницкая, Л. Молочный сектор АПК: достижения и цели / Л. Маницкая, А. Рыбин // Животноводство России. – 2024. – № 2. – С. 31-33. – EDN BYHSZL.



2. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2024 год). – Лесные Поляны: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела», 2025. – 275 с. – ISBN 978-5-87958-436-3. – EDN WCVFPB.

3. Хромова, Л.Г. Лактационная функция первотелок голштинской породы различного экогенеза в условиях интенсивной технологии / Л.Г. Хромова, С.Е. Мирошина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1(57). – С. 200-206. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-1-200-206. – EDN PCUFIX.

4. Комплексная оценка молока коров голштинской породы различного экогенеза, производимого в условиях интенсивной технологии / Л.Г. Хромова, С.Е. Мирошина, С.Е. Мирошин, Н.И. Морозова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 76-83. – DOI 10.36508/RSATU.2022.95.64.009. – EDN QRTGHI.

5. Часовщикова, М.А. Показатели состава молока как индикатор качества кормления молочного стада коров / М.А. Часовщикова, М.В. Губанов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4(102). – С. 292-298. – EDN QVLPKO.

6. Меркурьева, Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных / Е.К. Меркурьева. – М.: Колос, 1970. – 422 с.

7. Плохинский, Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников / Н.А. Плохинский. – М.: Колос, 1969. – 256 с.

8. Лактационная кривая коров как инструмент работы со стадом / Р.В. Некрасов, Н.В. Сивкин, А.В. Головин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 11. – С. 58-60. – EDN OJMTWD.

9. Лактационные кривые как инструмент своевременного мониторинга состояния здоро-

вья животных и их продуктивности - мини-обзор / Мещеряков В.П., Шевелев И.С. Мещеряков В.П., Шевелев И.С. // Сельскохозяйственная биология. – 2022, том 57. – № 2. – С. 257-271.

10. Cobuci J.A., Euclides R.F., Costa C.N., Torres R.A., Lopes P.S., Pereira C.S. Genetic evaluation for persistency of lactation in Holstein cows using a random regression model // Genetics and Molecular Biology. – 2007. – Vol. 30. – № 2. – P. 349-355.

11. Cole J. B., VanRaden P. M. Genetic evaluation and best prediction of lactation persistency // Journal of Dairy Science. – 2006. – Vol. 89. – № 7. – P. 2722-2728.

12. Тепел, А. Химия и физика молока / А. Тепел; пер. с нем. под ред. к.т.н., доц. С.А. Фильчаковой. – Санкт-Петербург: Профессия, 2012. – 831 с.

13. Макар, З.Н. Физиологические механизмы взаимосвязи кровоснабжения и метаболизма молочной железы у жвачных / З.Н. Макар // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2020. – № 4. – С. 27-44. – DOI 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.4.27-44. – EDN BAAJPG.

14. Ципко В.В. Изучение синтеза основных компонентов молока как составляющих полидисперсной системы / В.В. Ципко, Макар З.Н. // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 4. – С. 99-105.

15. Свириденко, Г.М. Стандарты определения соматических клеток молока / Г.М. Свириденко // Переработка молока. – 2014. – № 3(173). – С. 6-11. – EDN RYGBRJ.

16. Rainard, P. Invited review: Low milk somatic cell count and susceptibility to mastitis / P. Rainard [et al.] // Journal of Dairy Science. 2018. Vol. 101(8). P. 6703-6714. DOI: 10.3168/jds.2018-14593

17. Genetic parameters for milk urea concentration and milk traits in Russian Holstein-Friesian cows / K.Rzewuska, T. J. Strabel // Appl Genetics. – 2013. – Vol. 54. – P. 473.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Manickaya, L. Molochnyj sektor APK: dostizheniya i celi / L. Manickaya, A. Rybin // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2024. – № 2. – С. 31-33. – EDN BYHSZL.

2. Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii (2024 god). – Lesnye Polyany: FGBNU «Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut plemennogo dela», 2025. – 275 s. – ISBN 978-5-87958-436-3. – EDN WCVFPB.

3. Hromova, L.G. Laktacionnaya funkciya pervotelok golshtinskoj породы razlichnogo ekologičeskogo genotipa v usloviyah intensivnoj tekhnologii / L.G. Hromova, S.E. Miroshina // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2022. – № 1(57). – С. 200-206. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-1-200-206. – EDN PCUFIX.

4. Kompleksnaya ocenka moloka korov golshtinskoj породы razlichnogo ekologičeskogo genotipa, proizvodimogo v usloviyah intensivnoj tekhnologii / L.G. Hromova, S.E. Miroshina, S.E. Miroshin, N.I. Morozova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologičeskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 76-83. – DOI 10.36508/RSATU.2022.95.64.009. – EDN QRTGHI.

5. Chasovshchikova, M.A. Pokazateli sostava moloka kak indikator kachestva kormleniya molochnogo stada korov / M.A. Chasovshchikova, M.V. Gubanov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 4(102). – С. 292-298. – EDN QVLPKO.

6. Merkur'eva, E.K. Biometriya v selekcii i genetike sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh / E.K. Merkur'eva. – М.: Колос, 1970. – 422 с.



7. Plohinskij, N.A. *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov* / N.A. Plohinskij. - M.: Kolos, 1969. - 256 s.
8. Laktacionnaya krivaya korov kak instrument raboty so stadom / R.V. Nekrasov, N.V. Sivkin, A.V. Golovin [i dr.] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. - 2011. - № 11. - S. 58-60. - EDN OJMTWD.
9. Laktacionnye krivye kak instrument svoevremennogo monitoringa sostoyaniya zdorov'ya zhivotnyh i ih produktivnosti - mini-obzor / Meshcheryakov V.P., Shevelev I.S. Meshcheryakov V.P., Shevelev I.S. // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. - 2022, tom 57. - № 2. - S. 257-271.
10. Cobuci J.A., Euclides R.F., Costa C.N., Torres R.A., Lopes P.S., Pereira C.S. Genetic evaluation for persistency of lactation in Holstein cows using a random regression model // *Genetics and Molecular Biology*. - 2007. - Vol. 30. - № 2. - R. 349-355.
11. Cole J. B., VanRaden P. M. Genetic evaluation and best prediction of lactation persistency // *Journal of Dairy Science*. - 2006. - Vol. 89. - № 7. - R. 2722-2728.
12. Tepel, A. Himiya i fizika moloka / A. Tepel; per. s nem. pod red. k.t.n., doc. S.A. Fil'chakovej. - Sankt-Peterburg: Professiya, 2012. - 831 s.
13. Makar, Z.N. Fiziologicheskie mekhanizmy vzaimosvyazi krovosnabzheniya i metabolizma molochnoj zhelezy u zhvachnyh / Z.N. Makar // *Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh*. - 2020. - № 4. - S. 27-44. - DOI 10.25687/1996-6733.prodanimbior.2020.4.27-44. - EDN BAAJPG.
14. Cipko V.V. Izuchenie sinteza osnovnyh komponentov moloka kak sostavlyayushchih polidispersnosnoj sistemy / V.V. Cipko, Makar Z.N. // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. - 2014. - № 4. - S. 99-105.
15. Sviridenko, G.M. Standarty opredeleniya somaticheskikh kletok moloka / G.M. Sviridenko // *Pererabotka moloka*. - 2014. - № 3(173). - S. 6-11. - EDN RYGBRJ.
16. Rainard, P. Invited review: Low milk somatic cell count and susceptibility to mastitis / P. Rainard [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2018. Vol. 101(8). R. 6703-6714. DOI: 10.3168/jds.2018-14593
17. Genetic parameters for milk urea concentration and milk traits in Russian Holstein-Friesian cows / K.Rzewuska, T. J. Strabel // *Appl Genetics*. - 2013. - Vol. 54. - P. 473.

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

Хромова Любовь Георгиевна, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Воронеж, Россия, hromovva@yandex. Ru

Байлова Наталья Викторовна, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Воронеж, Россия, bailova2013@yandex.ru

Морозова Нина Ивановна, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры общественного питания и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агро-технологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань Россия, n.morozova53@yandex.ru

Author Information

Khromova Lyubov G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Private Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, hromovva@yandex.ru

Baylova Natalia V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Voronezh State University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia, bailova2013@yandex.ru

Morozova Nina I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, n.morozova53@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 18.07.2025; одобрена после рецензирования 11.08.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 18.07.2025; approved after reviewing 11.08.2025; accepted for publication 15.09.2025.



АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ ОСТАВШЕГОСЯ ТОПЛИВА С БИОДИЗЕЛЕМ ПРИ МНОГОКРАТНОЙ ЗАПРАВКЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТРАКТОРА

Артём Алексеевич Гамов¹✉, Николай Николаевич Пуляев²

^{1,2}, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

¹ art95081@rambler.ru

² pullman-mpt@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель настоящего исследования состоит в том, чтобы вычислить необходимое количество заправок, после которых концентрация неопределенного нефтепродукта станет минимальной.

Методология. В статье анализируется опция интеграции одиночного топливного резервуара для дизельного топлива и биодизеля на базе сельскохозяйственных тракторов. Основная проблематика связана с разной энергетической ценностью дизеля и биодизеля, что предполагает модификацию системы топливоподачи двигателя для поддержания номинальной мощности агрегата.

Результаты. Решение задачи представлено с использованием математической модели, основанной на геометрической прогрессии.

Заключение. Результат исследования позволяет использовать один топливный бак под различные виды альтернативных топлив. Рассчитанная теплотворная способность должна быть сохранена в ЭБУ для корректировки подачи топлива. Точное определение момента переключения режимов позволяет сохранить мощностные характеристики двигателя.

Ключевые слова: агрегатирование оборудования, агротехника, продукты переработки нефти, эффективность использования топлива, снижение затрат, утечка горючего, настройки работы агротранспорта

Для цитирования: Гамов А.А., Пуляев Н.Н. Анализ процесса смешивания оставшегося топлива с биодизелем при многократной заправке дизельного трактора // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С.75-81 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.37.25.010>

Original article

ANALYSIS PROCESS OF MIXING OLD FUEL WITH BIODIESEL IN MULTIPLE REFUELING OF A DIESEL TRACTOR

Artem A. Gamov ¹✉, Nikolay N. Pulyaev²

^{1,2}, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

¹ art95081@rambler.ru

² pullman-mpt@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The objective of this study is to calculate the required number of refills after which the concentration of an unspecified petroleum product will be minimal.

Methodology. The article analyzes the option of integrating a single fuel tank for diesel and biodiesel on the basis of agricultural tractors. The main problem is related to the different energy value of diesel and biodiesel,



which implies modification of the engine fuel supply system to maintain the nominal power of the unit.

Results. The solution to the problem is presented using a mathematical model based on a geometric progression.

Conclusion. The research result allows using one fuel tank for different types of alternative fuels. The calculated calorific value should be saved in the ECU to adjust the fuel supply. Accurate determination of the moment of switching modes allows maintaining the engine power characteristics.

Key words: equipment aggregation, agricultural machinery, petroleum products, fuel efficiency, cost reduction, machine use, fuel leakage, agricultural transport settings

For citation: Gamov A.A., Pulyaev N.N. Consideration of the process of mixing old fuel with biodiesel during multiple refueling of a diesel tractor // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.3, P. 75-81 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.37.25.010>

Введение

Современные дизельные двигатели могут работать как на обычном дизельном топливе, так и на биодизеле. Однако при переходе с одного типа топлива на другой возникает необходимость в его смешивании, что приводит к постепенному уменьшению доли предыдущего нефтяного топлива в баке. Чтобы переходный процесс не оказывал негативного эффекта на ресурс двигателя, необходимо выбрать правильный режим работы на время переходного процесса от одного вида топлива к другому и понять, когда процесс перехода можно считать завершённым. Поэтому требуется математически обосновать, через какое количество заправок остаток старого топлива становится незначительным, и определить безопасную стратегию управления подачей в этот переходный период. В частности, в данном исследовании рассматривается ситуация, когда дизельный трактор заправляется биодизелем, при этом в его топливном баке остаётся небольшая часть топлива с предыдущей заправки.

Целью работы является определение оптимального количества заливок, после которых доля топлива в смеси станет настолько малой, что можно будет пренебречь его присутствием, и влияние на мощностные характеристики двигателя будет в пределах относительной погрешности.

Материалы и методы исследования

В официальном документе, введённом Приказом Минсельхоза России от 25 июня 2007 г. № 342 под названием "Концепция развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса РФ до 2025 года", определены основные направления развития в сфере аграрной науки, которые включают введение инновационных решений в механизацию, электрификацию и автоматизацию передовых агроиндустриальных технологий, среди которых важное место занимает использование возобновляемых энергетических ресурсов в производстве биотоплива [1]. Многочисленные исследования показывают рост интереса к альтернативным видам топлива. Стратегические разработки в области агроэкологического топлива активно продвигаются в передовых западных странах, таких как государства Евросоюза, США, Канада, Бразилия и Австралия.

Особо следует отметить, что по директиве Евросоюза от 2010 года минимальное содержание биотоплива в нефтепродуктах должно достигать 5 %. При этом ЕС планирует увеличить долю экологически чистого биотоплива до 25 % к 2030 году

для обеспечения потребностей автотранспорта [2]. Однако необходимо учесть, что с увеличением доли биодизеля в топливной смеси снижается КПД двигателя и возрастает его дымность, хотя и наблюдается рост эмиссии оксидов азота [3]. Для оптимизации сгорания и минимизации выбросов возможно корректирование угла опережения впрыска топлива [4].

В предыдущих работах рассматривалась возможность использования двух топливных баков для дизельного и биодизельного топлив. Такая потребность возникает из-за того, что не на всех заправочных станциях есть биодизельное топливо. Однако такой подход требует модификации топливной системы – добавление нового бака, установку центрального насоса и т.д.

Следовательно, предпочтительнее применять единственный резервуар для различных видов топлива. Исследовательские работы по аспектам применения смешанных биотоплив в дизельных двигателях ведутся в таких учебных заведениях, как МГТУ имени Н.Э. Баумана и МГАУ имени В.П. Горячкина [5], Российском университете дружбы народов [6, 7], Государственном техническом университете "МАДИ" [8], Всероссийском институте механизации и электрификации сельского хозяйства [9, 10], Научно-лабораторном проекте "Агродизель" [11], Национальном техническом университете "Харьковский политехнический институт" [12]. Однако проблемы, связанные с многократным изменением состава топливной смеси в одном баке, остаются недостаточно исследованными.

Уже известно, что продолжительность горения топлива является основным показателем, который изменяется при переводе двигателя на работу на смеси ДТ и БТ [13]. То есть, чтобы использовать один топливный бак и не ухудшить характеристики дизельного двигателя, нужно контролировать выделяемую энергию – значит, управлять подачей топлива. Из многочисленных исследований ясно, что наибольшая теплота сгорания у дизеля, поэтому при переходе с одного топлива на другое рекомендуется перевести топливную систему в режим «Дизель».

Результаты исследований и их обсуждение

Предположим, в топливный резервуар попало дизельное топливо, тогда отрицательного влияния на мощность двигателя не наблюдается. Однако если использовано топливо – биодизель, возможна потеря примерно 9,4 % мощности. В другом сценарии, если в систему заправлен дизель,



а режим работы топливной системы настроен на биодизель, это может привести к неоптимальной работе двигателя.

В таком случае двигатель будет работать с перегрузкой в ~9,4 % на неизвестном топливе, что приведет к ухудшению экологии (не все топливо

будет догорать), к перегреву двигателя и в результате срок эксплуатации двигателя будет снижен. Так как лучше пренебречь потерей мощности, чем сократить срок эксплуатации двигателя, то неизвестное топливо лучше принять за дизельное.

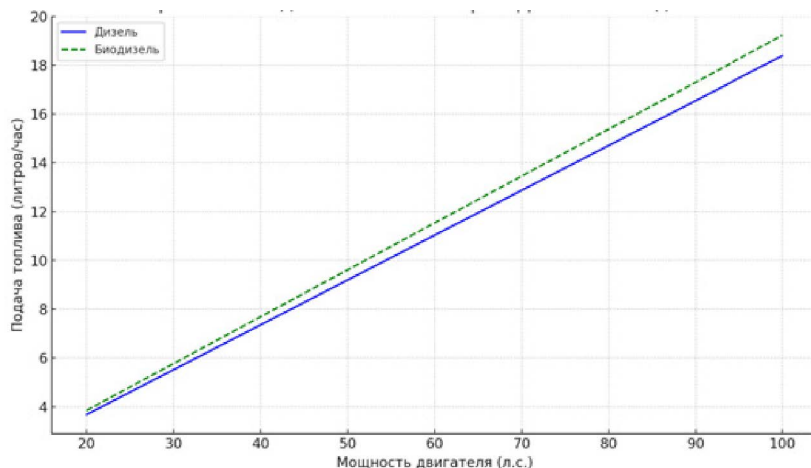


Рис. 1 – График сравнения подачи топлива дизеля и биодизеля в литрах.

Fig. 1 – Comparison graph of fuel delivery of diesel and biodiesel in liters.

На рисунке 1 отображен график изменения подачи в зависимости от выбранного топлива (режима). Биодизель (зелёная пунктирная линия) требует немного большего объёма по сравнению с обычным дизелем (синяя линия) при одинаковой мощности двигателя. Это связано с меньшей теплотворной способностью и чуть большей плотностью биотоплива.

Далее рассмотрим процесс постепенного перехода от неизвестного топлива, которое по химическим характеристикам будем считать соответствующим дизелю. Предположим, что на первой заправке бак трактора был заполнен биодизелем, но в нем осталась небольшая доля дизельного топлива, составляющая 10 % от общего объема. После каждой последующей заправки происходит смешивание оставшегося топлива с новым биодизелем, и доля дизельного топлива постепенно уменьшается.

Если после n -й заправки доля дизельного топлива в баке обозначается как S_n , то можно представить процесс изменения этой доли как процесс геометрической прогрессии. Начальная доля дизельного топлива в баке, S_0 , равна 10 %. После первой заправки дизельное топливо смешивается с биодизелем, и доля дизельного топлива в новом топливе составит 10 % от 10 %, то есть 1 % дизельного топлива. После второй заправки доля дизельного топлива составит 0,1 %, и так далее.

Каждый этап можно выразить следующей формулой:

$$S_n = S_0 \times 0,1^n, \quad (1)$$

где: S_n – доля дизельного топлива после n -й заправки,

$S_0 = 10 \%$ – начальная доля дизельного топлива,

n – количество заливок.

Необходимо определить количество заливок,

после которых доля дизельного топлива в баке станет настолько малой, что её можно будет считать пренебрежимо малой. Для этого введём пороговое значение доли дизельного топлива $S_{\text{порог}}$, ниже которого количество дизельного топлива будет считаться незначительным. В качестве примера можно взять пороговое значение 0,1 %, что соответствует 0,001 от общего объема топлив в баке. Такое значение составляет меньше допустимой погрешности расчета теплотворной способности, которая в лабораторных условиях составляет 0,2 %. Следовательно, 0,1 % топлива можно пренебречь при расчете массы подаваемого топлива и считать, что в системе залит биодизель (B100).

Для того чтобы найти, через сколько заливок количество дизельного топлива станет пренебрежимо мало, нужно решить неравенство:

$$S_n < S_{\text{порог}} \quad (2)$$

Подставим выражение для S_n

$$S_0 \times 0,1^n < S_{\text{порог}} \quad (3)$$

Теперь подставим конкретные значения:

$$10 \% \times (0,1)^n < 0,1 \%$$

Преобразуем неравенство:

$$(0,1)^n < \frac{0,1}{10} = 0,01$$

Чтобы решить это неравенство, примем логарифм по основанию 10 с обеих сторон:

$$n \log 0,1 < \log 0,01$$

$$n > \frac{\log 0,01}{\log 0,1} = \frac{-2}{-1} = 2$$

Таким образом, после двух заливок доля дизельного топлива в баке станет меньше 0,1 %, и дизельное топливо можно будет считать пренебрежимо малым.

Данная математическая модель также может быть использована для расчета с использованием различных смесей, например,



рапсового или пальмового масел.

Применение растительных масел как топлива для дизельных двигателей не только способствует частичной замене традиционных нефтяных дизельных топлив на альтернативные биотоплива, производимые из возобновляемых источников и утилизации непищевых растительных масел, но также способствует снижению уровня токсичности выхлопных газов дизельных моторов [14].

При заправке чистого дизеля водитель в определенное время может добавить в дизель рапсовое масло и переключить режим работы на «Биодизель». В таком случае потребуется рассчитать, через сколько заливок чистым дизелем можно будет пренебречь добавкой из рапсового масла.

Теперь рассчитаем количество подачи смешанного топлива.

При условии, что система работает в режиме «Дизель», в бак залили 90 % дизельного топлива и 10 % составило биодизельное топливо:

$$0,9 \times 1 + 0,1 \times 0,9 = 0,9 + 0,09 = 0,99$$

При условии, что система работает в режиме «Биодизель», в бак залили 90 % биодизельного топлива и 10 % было дизельного топлива:

$$0,9 \times 0,1 + 0,1 \times 1,21 = 0,9 + 0,121 = 1,021$$

Если система управления не регулируется для работы с биодизелем, то при использовании топливной смеси с 10 % биодизеля общая энергетическая эффективность в дизельном режиме уменьшится на приблизительно 0,9 %. Это снижение может повлиять на поддержание оптимальных мощностных характеристик двигателя. С другой стороны, если двигатель настроен на работу с биодизелем и в баке содержится 10 % обычного дизельного топлива, реальная мощность двигателя может увеличиться примерно на 2,1 %, что

способствует повышению общей производительности.

Это связано с тем, что подача дизеля будет увеличена на 10 % в режиме «Биодизель», при этом теплотворная способность дизеля выше 10 %, отсюда получаем, что общее влияние будет $1,1 \times 1,1$, то есть 1,21. Таким образом, всегда выгоднее считать, что смешанное топливо – дизельное, даже с учетом влияния на подачу.

Однако на практике не всегда удастся по максимуму выработать топливо перед заправкой. По формуле (3) можно понять, что уже при 20 % смешанного топлива потребуется минимум три заправки. Поэтому рассчитаем допустимую погрешность подачи топлива. Например, для двигателя Д-245 допустимое отклонение по мощности составляет ± 2 кВт [15]. Значит, отклонение подачи будет равно:

$$Q_i = \frac{N_e}{\eta_e}, \quad (4)$$

где N_e – допустимое отклонение мощности, η_e – КПД двигателя.

Подставим значения:

$$\frac{0,02}{0,4} = 0,05$$

Отсюда получаем, что, если в баке менее 5 % смешанного топлива, то его влиянием на подачу можно пренебречь.

Рассмотрим алгоритм подачи биодизельного топлива, когда в баке 50 % смешанного топлива, соответственно заправки будут осуществляться при пустом баке наполовину. При заправке бак будет состоять из 50 % известного биодизельного топлива и 50 % смешанного топлива.

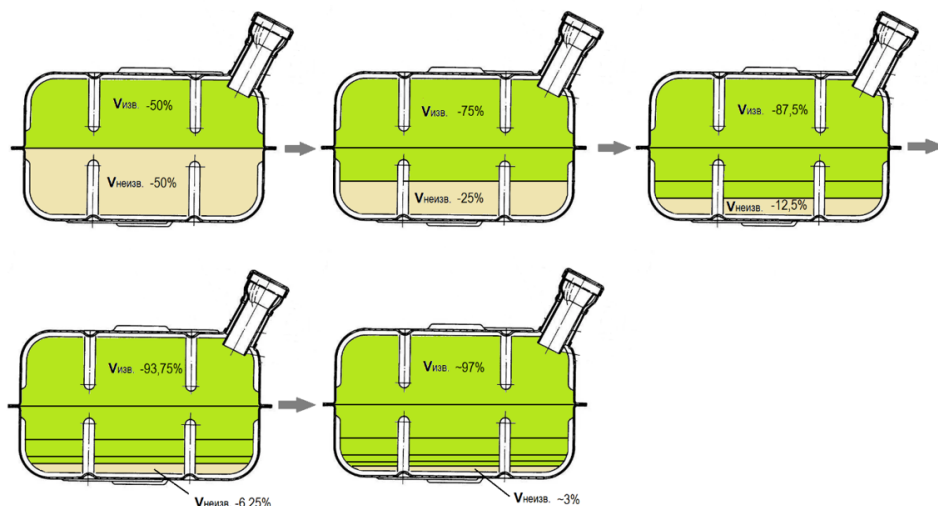


Рис. 2 – Изменение топлива в баке.

Fig. 2 – Changing the fuel in the tank.

Из рисунка 2 видно, что потребуется 4 заправки, чтобы доля смешанного топлива составила менее 5 %, с учетом того, что бак будет заправляться на 50 %.

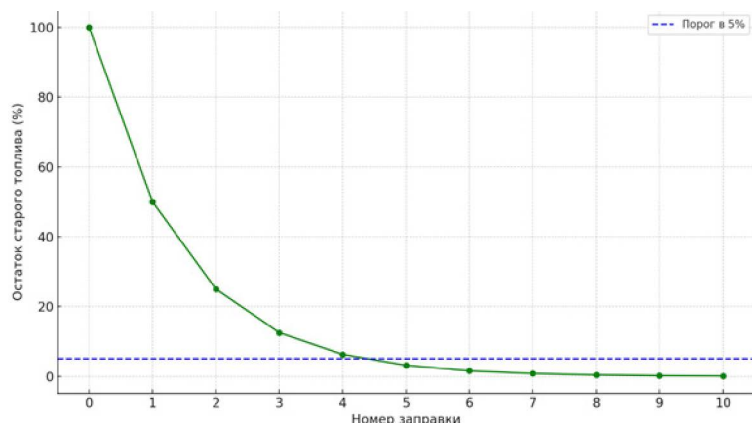


Рис. 3. – График изменения доли смесового топлива.

Fig. 3. – Graph of changes in the proportion of mixed fuel.

На рисунке 3 отображен график экспоненциального убывания неизвестного топлива.

Результаты исследований и их обсуждение

Для использования альтернативных видов топлива необязательно модифицировать топливную систему. Самая обычная топливная система с одним баком может использоваться для разных видов топлива, если правильно рассчитать момент перехода на новое топливо. Математическая модель показала, что для того, чтобы доля дизельного топлива в баке стала пренебрежимо малой (менее 0,1 %), необходимо провести хотя бы две заправки биодизелем. Это решение может быть полезным для тракторов и других дизельных транспортных средств, работающих на биодизеле, чтобы определить оптимальное количество заправок для эффективной замены смесового топлива. С учетом информации от завода-изготовителя допустимая потеря мощности не должна превышать 5 %, что позволяет совершить переход от одного топлива к другому, даже если в баке 20 % неизвестного топлива.

Расчет количества подаваемой смеси показал, что в случае с 10 % смесового топлива – им можно пренебречь. Однако при повышении этого значения стоит переводить систему в режим подачи «Дизель», чтобы не уменьшить срок эксплуатации двигателя и не оказывать негативного влияния на экологию. То есть даже на одном баке можно гибко переходить с одного топлива на другое, если известен состав заправляемого топлива и количество залитых литров.

Закключение

1. Использование одного топливного бака позволяет осуществлять переход с дизельного топлива на биодизель без модификации топливной системы, если правильно оценивать остаточное топливо в баке и его влияние на параметры двигателя.

2. Процесс перехода от одного топлива к другому можно описать геометрической прогрессией, где доля остатка уменьшается экспоненциально после каждой заправки новым топливом.

3. Для начального остатка дизельного топлива 10 % и полной заправки биодизелем уже после двух заправок его доля становится менее 0,1 %, что позволяет считать его влияние пренебрежимо малым.

4. Пороговое значение остатка топлива может

быть выбрано в пределах 0,1-5 %, в зависимости от требований к точности расчёта подачи и допустимого отклонения мощности. Например, при остатке менее 5 % влияние на мощность будет не выше допустимого по нормативам.

5. Правильный выбор режима подачи топлива (например, «Дизель» при неизвестной смеси) позволяет избежать перегрузки и повысить надёжность двигателя. Предпочтительно учитывать неизвестное топливо как дизельное, даже если оно на самом деле биодизель.

6. Математическая модель даёт возможность адаптировать расчёты и к другим видам биотоплива (рапсовое, пальмовое масла), позволяя точно определить момент перехода между смесями без ущерба для двигателя.

7. Результаты могут быть использованы при проектировании адаптивных алгоритмов топливopодачи и в качестве основы для перехода на биотопливо в сельскохозяйственной технике без капитальных переделок.

Список источников.

1. О Концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года : Приказ Минсельхоза РФ N 342 от 25.06.2007
2. Доровских Д.В. Анализ влияния применяемых и перспективных видов биотоплива на
3. Голубев, В.А. Экологические показатели работы дизеля на растительно-минеральном топливе / В.А. Голубев // Материалы V Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: Опыт, проблемы и пути их решения» - Ульяновск: ГСХА им. П.А. Столыпина, 2013.- т. II. – С. 243-247.
4. Захаров А.А. Адаптация топливной системы дизеля к применению растительных топлив / А.А. Захаров, А.С. Бурдин // Вестн. Ульяновский ГАУ. 2019. С. 155-157.
5. Рапсовое масло как альтернативное топливо для дизеля / В.А. Марков, А.И. Гайворонский, С.Н. Девянин, и др. // Автомобильная промышленность. - 2006. - № 2. - С. 1-3.
6. Исследования рабочего процесса тракторного дизеля при работе на смеси дизельного топлива и рапсового масла / Л.Н. Басистый, Луай Ахмед, И.Ю. Олесов и др. // Вестник Российского университета дружбы народов. Тепловые двигатели. - 1996. - № 1. - С. 30-36.
7. Горбунов В.В. Экспериментальные исследо-



вания дизеля ЯМЗ-238 при его работе на смешанных топливах / В.В. Горбунов, Н.Н. Патрахальцев, А.М. Абелян // Вестник Российского университета дружбы народов. Инженерные исследования. - 2003.- № 1. - С. 5-10.

8.Льотко В. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / В. Льотко, В.Н. Луканин, А. С. Хачиян // - М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. - 311с.

10.9.раснощеков Н.В. Применение биомоторных топлив на энергоавтономных сельхозпредприятиях / Н.В. Краснощеков, Г.С. Савельев, А.Д. Шапкайц// Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1994. - № 11. - С. 4-7.

11.Краснощеков Н.В. Адаптация тракторов и автомобилей к работе на биотопливе / Н.В. Краснощеков, Г.С. Савельев, Д.Б. Бубнов // Тракторы и сельскохозяйственные

12.Патрахальцев Н.Н.Биотопливо для быстроходных дизелей на основе рапсового масла / Н.Н.

Патрахальцев, В.Е. Пономарев, Е.Г. Пономарев // Совершенствование мощностных и экологических показателей ДВС. - Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 1997. - С. 97-98.

13.Девянин С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С.Н. Девянин, В.А. Марков, В.Г. Семенов // - Харьков: Изд-во «Новое слово», 2007. - 452 с.

omega.slider@mail.ru

14.Батыров В. И.Особенности перевода дизеля на работу на смеси дизельного и биодизельного топлива / В.И. Батыров, Ю.А. Шекихачев// Известия Кабардино-Балкарского ГАУ – № 4(30), 2020.С.4-5.

15.Девянин С.Н. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / С.Н. Девянин, В.А. Марков, В.Г. Семенов и др. // М.: Инженер, 2011.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1.O Kontseptsii razvitiya agrarnoy nauki i nauchnogo obespecheniya APK Rossii do 2025 goda : Prikaz MinSel'khoza RF N 342 ot 25.06.2007

2.Dorovskikh D.V. Analiz vliyaniya primenyayemykh i perspektivnykh vidov biotopliva na ekspluatatsionnyye pokazateli dizel'nykh dvigateley / D.V. Dorovskikh, M.M. Glazkova, D.YUDorovskikh // Tambovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2019. S.2-7.

3.Golubev, V.A. Ekologicheskiye pokazateli raboty dizelya na rastitel'no-mineral'nom toplive / V.A. Golubev // Materialy V Mezhdunarodnoy nauchnoprakticheskoy konferentsii «Agrarnaya nauka i obrazovaniye na sovremennom etape razvitiya: Opyt, problemy i puti ikh resheniya» - Ul'yanovsk: GSKHA im. P.A. Stolypina, 2013.- t. II. – S. 243-247.

4.Zakharov A.A.Adaptatsiya toplivnoy sistemy dizelya k primeneniyu rastitel'nykh topliv / A.A. Zakharov, A.S. Burdin// Vestn. Ul'yanovskiyGAU. 2019. S. 155-157.

5.Rapsovoye maslo kak al'ternativnoye toplivo dlya dizelya / V.A. Markov, A.I. Gayvoronskiy, S.N. Devyanin, i dr. //Avtomobil'naya promyshlennost'. - 2006. - № 2. - S. 1-3.

6.Issledovaniya rabochego protsessa traktornogo dizelya pri rabote na smesi dizel'nogo topliva i rapsovogo masla / L.N. Basistyy, Luay Akhmed, I.YU. Olesov i dr. // Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Teplovyye dvigateli.- 1996. - № 1. - S. 30-36.

7.Gorbunov V.V. Eksperimental'nyye issledovaniya dizelya YAMZ-238 pri yego rabote na smesevykh toplivakh / V.V. Gorbunov, N.N. Patrakhal'tsev, A.M. Abelyan// Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Inzhenernyye issledovaniya. - 2003.- № 1. - S. 5-10.

8.L'otko V. Primeneniye al'ternativnykh topliv v dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya / V. L'otko, V.N. Lukanin, A. S. Khachiyani // - М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. - 311с.

9.Krasnoshchekov N.V. Primeneniye biomotornykh topliv na energoavtonomnykh sel'khozpredpriyatiyakh / N.V. Krasnoshchekov, G.S. Savelyev, A.D. Shapkaits// Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 1994. - № 11. - S. 4-7.

10.Krasnoshchekov N.V. Adaptatsiya traktorov i avtomobiley k rabote na biotoplive / N.V. Krasnoshchekov, G.S. Savelyev, D.B. Bubnov // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye

11.Patrakhal'tsev N.N.Biotoplivo dlya bystrokhodnykh dizeley na osnove rapsovogo masla / N.N. Patrakhal'tsev, V.Ye. Ponomarev, Ye.G. Ponomarev // Sovershenstvovaniye moshchnostnykh i ekologicheskikh pokazateley DVS. - Vladimir: Izd-vo Vladimirovskogo gosudarstvennogo universiteta, 1997. - S. 97-98.

12.Devyanin S.N. Rastitel'nyye masla i topliva na ikh osnove dlya dizel'nykh dvigateley / S.N. Devyanin, V.A. Markov, B.G. Semenov // - Khar'kov: Izd-vo «Novoye slovo», 2007. - 452 s.

12Batyrov V. I.Osobennosti perevoda dizelya na rabotu na smesi dizel'nogo i biodizel'nogo topliva / V.I. Batyrov, YU.A. Shekikhachev// Izvestiya Kabardino-Balkarskogo GAU – № 4(30), 2020.S.4-5.

13.Devyanin S.N. Ispol'zovaniye rastitel'nykh masel i topliv na ikh osnove v dizel'nykh dvigatelyakh / S.N. Devyanin, V.A. Markov, V.G. Semenov i dr. // М.: Inzhener, 2011.

14.Devyanin S.N. Ispol'zovaniye rastitel'nykh masel i topliv na ikh osnove v dizel'nykh dvigatelyakh / S.N. Devyanin, V.A. Markov, V.G. Semenov i dr. // М.: Inzhener, 2011.

15.Rukovodstvo po ekspluatatsii dvigateley D245.7 D245.9 D245.12S.



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

Гамов Артем Алексеевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», art95081@rambler.ru

Пуляев Николай Николаевич, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», pullman-mpt@mail.ru

Author Information

Gamov Artem A., Postgraduate Student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, art95081@rambler.ru

Pulyaev Nikolay N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, pullman-mpt@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.06.2025; одобрена после рецензирования 11.08.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 12.06.2025; approved after reviewing 11.08.2025; accepted for publication 15.09.2025.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 699.822
DOI: 10.36508/RSATU.2025.61.17.011

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ ОПОЛЗНЕВОГО МАССИВА
НА УСТОЙЧИВОСТЬ СКЛОНА**

Георгий Владимирович Дегтярев¹, Дарья Валерьевна Лейер²✉, Ольга Георгиевна Дегтярева³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия

¹ degtyarev.g.v@mail.ru

² dasha_leyer@mail.ru

³ degtyareva.o.g@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Статья посвящена проблеме активизации оползневых процессов в горной местности, особенно в регионах с неустойчивыми грунтами, таких как Краснодарский край и Крым. Основной причиной оползней являются ливневые дожди, которые приводят к насыщению грунта водой, снижению его прочности и устойчивости склонов. Это вызывает значительный материальный ущерб, нарушает транспортную инфраструктуру и негативно влияет на сельскохозяйственные территории. В статье представлена зависимость устойчивости склона от геометрических параметров рельефа, а также влажности грунта. Целью работы является анализ факторов, влияющих на устойчивость оползнеопасных склонов, и разработка методики оценки риска активизации оползневых процессов на основе математического моделирования. Определены критические значения влажности и угла наклона склона, при которых риск оползней становится максимальным.

Методология. Для достижения поставленных целей в статье использованы следующие методы: математическое моделирование (разработана расчетная модель оползневого массива, выполнена серия численных экспериментов с использованием программного комплекса Malinin Soft (модуль GeoStab 8.1)); статистический анализ (на основе данных инженерно-геологических изысканий и реальных случаев оползней в Крыму и Краснодарском крае проведена оценка критических условий активизации оползней); аппроксимация данных (построены зависимости коэффициента устойчивости (K_u) от влажности грунта и угла наклона склона, что позволило определить пороговые значения для зон риска).

Результаты. В результате исследования установлено, что коэффициент устойчивости (K_u) склона снижается при увеличении влажности грунта и угла наклона. Например, при влажности 10 % и угле 20° K_u составляет 5,704, а при влажности 36 % и угле 40° – всего 0,788. В исследовании определены критические значения влажности, при которых $K_u = 1,5-2,0$ (склон находится в зоне риска, особенно во время ливней), а также $K_u < 1,0$ склон становится неустойчивым (высокий риск образования оползня). Проанализированы особенности геологического строения склонов в Краснодарском крае и Крыму, в результате чего выявлены основные показатели, отображающие причину образования оползневых процессов.

Заключение. Результаты исследования позволили определить основные факторы, влияющие на устойчивость склонов и развитие оползневых процессов в Краснодарском крае и в республике Крым. Полученные результаты исследований позволяют разрабатывать эффективные пассивные меры защиты склонов от переувлажнения, что обеспечит устойчивость потенциально оползневых территорий. Проведенное исследование позволило сделать ряд важных выводов, которые имеют практическое значение для прогнозирования и предотвращения оползневых процессов в горных регионах, особенно в условиях интенсивных осадков.

Ключевые слова: влажность, устойчивость, склон, оползень, грунт, физико-механические характеристики

Для цитирования: Дегтярев Г.В., Лейер Д.В., Дегтярева О.Г. Анализ влияния влажности оползневого массива на устойчивость склона // Вестник Рязанского государственного агроинженерного университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С.82-89 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.61.17.011>



Original article

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF LANDSLIDE MASSIF MOISTURE ON SLOPE STABILITY

Georgy V. Degtyarev¹, Darya V. Leyer²✉, Olga G. Degtyareva³^{1,2,3,4K}uban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia¹ degtyarev.g.v@mail.ru² dasha_leyer@mail.ru³ degtyareva.o.g@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. Problem and purpose. The article is devoted to the problem of activation of landslide processes in mountainous areas, especially in regions with unstable soils, such as the Krasnodar Territory and Crimea. The main cause of landslides are heavy rains, which lead to soil saturation with water, a decrease in its strength and slope stability. This causes significant material damage, disrupts transport infrastructure and negatively affects agricultural areas. The article presents the dependence of slope stability on the geometric parameters of the relief, as well as soil moisture. The purpose of the work is to analyze the factors affecting the stability of landslide-prone slopes and to develop a methodology for assessing the risk of activation of landslide processes based on mathematical modeling. Critical values of humidity and slope angle are determined, at which the risk of landslides becomes maximum.

Methodology. To achieve the stated objectives, the article uses the following methods: mathematical modeling (a calculation model of a landslide massif was developed, a series of numerical experiments were performed using the Malinin Soft software package (GeoStab 8.1 module)); statistical analysis (based on engineering and geological survey data and real cases of landslides in Crimea and Krasnodar Krai, an assessment of critical conditions for landslide activation was carried out); data approximation (dependencies of the stability coefficient (K_u) on soil moisture and slope angle were constructed, which made it possible to determine threshold values for risk zones).

Results. The study found that the slope stability coefficient (K_u) decreases with increasing soil moisture and slope angle. For example, with 10% moisture and 20° angle, K_u is 5.704, while with 36% moisture and 40° angle, it is only 0.788. The study identified critical moisture values at which $K_u = 1.5-2.0$ (the slope is at risk, especially during heavy rains), and $K_u < 1.0$ the slope becomes unstable (high risk of landslide formation). The geological structure of slopes in the Krasnodar Territory and Crimea was analyzed, which resulted in the identification of key indicators reflecting the cause of landslide processes

Conclusion. The results of the study made it possible to determine the main factors influencing the stability of slopes and the development of landslide processes in the Krasnodar Territory and the Republic of Crimea. The obtained research results will allow developing effective passive measures to protect slopes from over-wetting, which will ensure the stability of potentially landslide areas. The conducted study allowed us to make a number of important conclusions that have practical significance for predicting and preventing landslide processes in mountainous regions, especially in conditions of intense precipitation.

Key words: Humidity, stability, slope, landslide, soil, physical and mechanical characteristics.

For citation: Degtyarev G.V., Leyer D.V., Degtyareva O.G. Analysis of the influence of landslide massif humidity on slope stability // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.3, P.82-89 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.61.17.011>

Введение

Ежегодно активизация оползневых процессов в горной местности приводит к значительному материальному ущербу. Сход оползней приводит к нарушению работы транспортной инфраструктуры, а также пагубно влияет на агроландшафт и сельскохозяйственные территории, располагаемые на склонах [1, 2, 3]. Анализ причин активизации оползней показал, что потеря устойчивости склона в большинстве случаев происходит во время залповых и ливневых дождей [6, 9]. Статистика развития оползней во время дождей зависит от множества факторов, включая интенсивность осадков, геологию региона, рельеф, растительный покров и антропогенную деятельность [4, 5]. На обрушение склона во время дождя существен-

но влияют следующие параметры:

1. Интенсивность дождя: оползни чаще всего возникают при продолжительных или интенсивных ливнях. Критический порог варьируется:

– более 100 мм/сутки – высокий риск в глинистых и рыхлых грунтах;

– более 50 мм/час – может спровоцировать мгновенные оползни в неустойчивых склонах.

2. Накопленные осадки: даже умеренные, но длительные дожди (3-5 дней подряд) повышают влажность грунта, снижая его устойчивость.

Все это обусловлено низкой водопроницаемостью глинистых и суглинистых грунтов, низкой скоростью отдачи воды из грунтового массива и т. д. В результате резкого влагонасыщения удельный вес грунта оползня увеличивается при существен-



ном снижении его прочностных характеристик [10, 11]. Можно выделить следующие типы оползней, спровоцированных ливневыми дождями:

- поверхностные сдвиги (мелкие, но частые) – при насыщении верхнего слоя почвы;
- глубинные оползни – при длительном просачивании воды в трещины пород;
- селевые потоки – в горных районах после ливней.

Оползни во время дождей – частое явление в регионах с крутыми склонами и неустойчивыми грунтами. Согласно сведениям Росгидромет до 60 % всех оползней в России связаны с обильными осадками. К наиболее опасным регионам в России по частоте и масштабам оползневой активности, связанной с дождями, являются Крым и Краснодарский край.

В Краснодарском крае (включая Сочи) ежегодно фиксируется 20-50 оползней, большинство – после сильных дождей. Наиболее опасные зоны:

- Сочи (Адлерский, Хостинский районы);
- Туапсе, Геленджик;
- Красная Поляна (горные склоны).

Крупные события (последние годы):

– 2023 год: после ливней (до 250 мм за сутки) в Сочи произошло 12 оползней, перекрыты дороги (трасса Адлер-Красная Поляна).

– 2021 год: катастрофические паводки и оползни в Туапсинском районе – более 30 случаев, разрушены дома.

– 2018 год: оползень в микрорайоне Мамайка (Сочи) из-за 150 мм осадков за 12 часов.

Анализ схода оползней в республике Крым показал, что ежегодно в этом регионе происходит от 10 до 30 оползней, особенно на Южном берегу Крыма (Ялта, Алушта, Судак). Наиболее активные зоны:

- пос. Оползневое (под Ялтой);
- Алупка, Симеиз, Форос.

Крупные события (последние годы):

– 2022 год: после ливней в Ялте (120 мм за ночь) – 5 оползней, повреждена трасса Ялта-Севастополь.

– 2020 год: оползень в Гурзуфе (разрушена набережная).

– 2018 год: в Алуште после дождей сошел оползень объемом 5 тыс. м³, перекрыл дорогу.

В результате проведенного анализа выявлено, что для обеспечения устойчивости оползнеопасных склонов необходимо обеспечить влажность грунтового массива путем мониторинга за состоянием, а также с помощью разработки методики управления риском оползневой опасности.

Материалы и методы исследования

В статье представлена разработанная расчетная математическая модель оползневого массива [8, 9, 11], реализованная с использованием программного комплекса Malinin Soft (модуль GeoStab 8.1), основанного на основных принципах механики грунтов, строительной механики, а также актуальных нормативных требований России. Для исследования влияния выбранных факторов на состояние склона рассмотрена формализованная модель, представленная на рисунке 1 в виде расчетной схемы, где приведены исходные данные и факторы влияния (рис. 1):

- длина гребня оползня 10,64 м;
- длина горизонтальной проекции склона 10 м;
- изменение угла наклона склона от 20° до 40°;
- изменение влажности грунта от 10 до 36 %.

Для чистоты эксперимента рассмотрен склон однородного строения. Характеристики грунтов приняты по данным инженерно-геологических изысканий по выделенным пробам [13,16]. Принятые характеристики грунтов представлены в таблице 1. Расчет устойчивости определен методом Г. М. Шахунянца по круглоцилиндрической поверхности (рис. 2).

Таблица 1 – Характеристики грунтов

Наименование грунта	Удельный вес грунта γ , кН/м ³	Удельное сцепление c , кПа	Угол внутреннего трения φ , град	Удельный вес грунта при водонасыщении, γ_{sat} , кН/м ³	Влажность, %
Грунт №1. Глина мягкопластичная	15,5	19,3	6,1	16,5	30
Грунт №2. Глина твердая	16,3	45,3	17,4	18,3	10
Грунт №3. Суглинок мягкопластичный	16,6	8,7	11,3	16,6	36
Грунт №4. Суглинок твердый	17,8	22,7	21,3	18,5	18

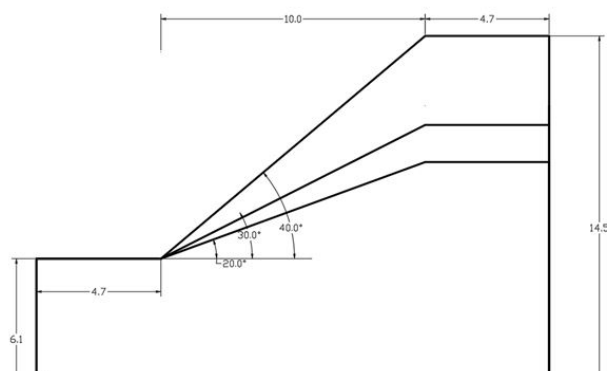


Рис. 1 – Расчетная схема изменения параметров склона

Fig. 1 – Calculation scheme for changing slope parameters

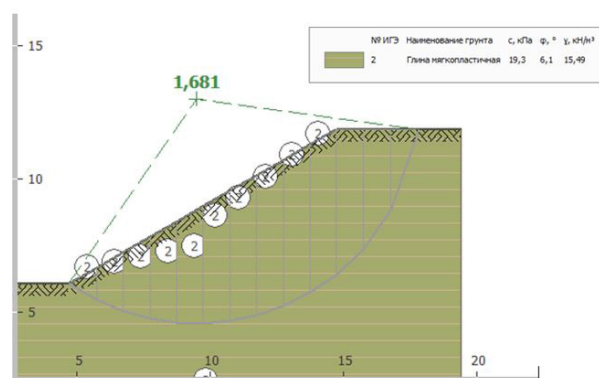


Рис. 2 – Расчетная схема склона с учетом разделения на отсеки

Fig. 2 – Calculation scheme of the slope, taking into account the division into compartments

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных расчетов составлена обобщающая таблица с полученными результатами устойчивости склона (табл. 2). Анализ полученных результатов расчетов показал, что коэффициент устойчивости K_u снижается при (рисунки 3, 4):

- увеличении влажности (W , %): при влаж-

ности 10% $K_u=5,704$ ($\alpha=20^\circ$), но при 36% падает до $K_u=1,642$ (тот же угол). Это связано с размягчением грунта при водонасыщении и снижением его прочности.

– росте угла наклона (α): для $W=10\%$ при $\alpha=20^\circ$ $K_u=5,704$, а при $\alpha=40^\circ$ – всего $K_u=2,929$. Обусловлено это тем, что на крутых склонах сила тяжести сильнее влияет на смещение грунта.

Таблица 2 – Зависимость коэффициента устойчивости склона от угла наклона и влажности грунтов

Влажность грунта W , %	Угол наклона склона α , град		
	20	30	40
10	5,704	3,977	2,929
18	3,637	2,569	1,802
30	2,363	1,681	1,233
36	1,642	1,152	0,788

Критические значения получены при:

– $K_u < 1,0$ (при $W=36\%$, $\alpha=40^\circ$) – склон неустойчив, высокий риск оползня даже без дополнительных факторов (ливней, вибраций).

– $K_u=1.5-2.0$ – зона риска, где возможна активизация оползней при сильных дождях.

Таким образом, выявлено, что для Краснодарского края при типичной влажности 18-30 % после ливней K_u падает до 1,2-2,5 (особенно на склонах с углом наклона поверхности земли 30-40°), что объясняет частые оползни в этих регионах. В сухие периоды ($W=10\%$) коэффициент устойчивости высокий, но резкое повышение влажности (до 30 %) снижает общую устойчивость в 2-3 раза.

Анализ полученных результатов, представленных на 3D графике ($K_u = f(W, \alpha)$) (рис. 5) показал «обрыв» значений K_u при $W>30\%$ и $\alpha>30^\circ$ (голубая зона). Зоны безопасной эксплуатации (зеле-

ная область) и критического риска (красная).

Полученные результаты расчетов позволили получить значения критической влажности для разных грунтов. Используем данные таблицы, чтобы определить пороговые значения влажности ($W_{кр}$), при которых $K_u < 1,5$ (зона риска). Формула аппроксимации зависимости коэффициента устойчивости (K_u) от влажности (W):

Для угла уклона склона $\alpha=30^\circ$ (типичный угол для оползневых склонов в Крыму и Сочи): при $W=10\% \rightarrow K_u=3,977$, при $W=36\% \rightarrow K_u=1,152$, тогда линейная модель: $K_u = -0,088 \cdot W + 4,857$. Решаем уравнение для $K_u=1,5$: $1,5 = -0,088 \cdot W_{кр} + 4,857 \rightarrow W_{кр} \approx 38,1\%$. Значит, для угла наклона склона $\alpha=30^\circ$ критическая влажность $\sim 38\%$. При достижении этого значения склон становится крайне неустойчивым.

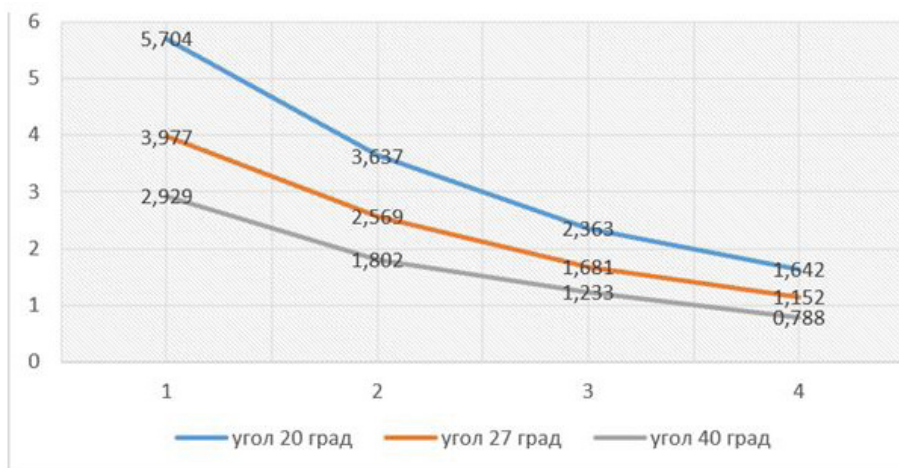


Рис. 3 – Зависимость изменения коэффициента устойчивости от влажности грунта

1 – влажность грунта 10 %; 2 – влажность грунта 18 %; 3 – влажность грунта 30 %; 4 – влажность грунта 36 %

Fig. 3 – Dependence of the change in the stability coefficient on the soil moisture content. Where: 1 – soil moisture content 10 %; 2 – soil moisture content 18 %; 3 – soil moisture content 30 %; 4 – soil moisture content 36 %

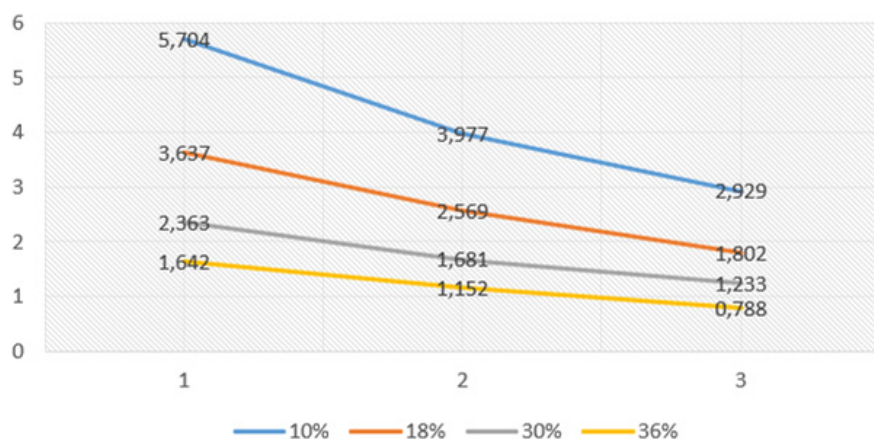


Рис. 4 – Зависимость изменения коэффициента устойчивости угла наклона.

1 – угол наклона гребня оползня 20°; 2 – угол наклона гребня оползня 27°; 3 – угол наклона гребня оползня 40°

Fig. 4 – Dependence of the change in the stability coefficient of the slope angle. Where: 1 – the slope angle of the landslide crest is 20°; 2 – the slope angle of the landslide crest is 27°; 3 – the slope angle of the landslide crest is 40°

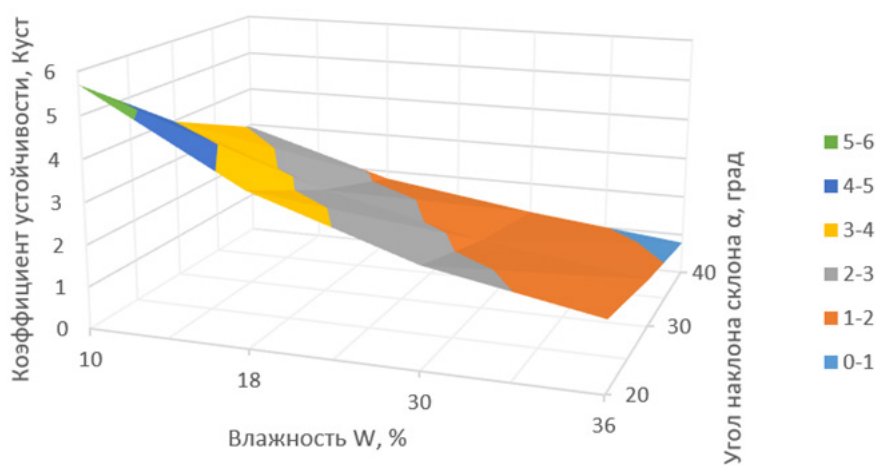


Рис. 5 – Диаграмма изменения коэффициента устойчивости склона от влажности грунта при различных углах наклона склона

Fig. 5 – Diagram of the change in the slope stability coefficient from soil moisture at different slope angles



Таблица 3 – Анализ риска активизации оползневых процессов для Краснодарского края и Крыма

Грунт	Критическая влажность ($W_{кр}$), %	Примечания
Глинистые сланцы (Крым)	25-35 %	Быстро теряют прочность при намокании.
Суглинки (Сочи)	30-40 %	Чуть стабильнее глин, но риск высок.
Песчаники	>45 %	Редко оползают, кроме крутых склонов.

Для глинистых сланцев в Ялте ($W_{кр}=30\%$) даже при угле наклона склона $\alpha=20^\circ$ коэффициент устойчивости (K_u) падает до 1,642, что близко к опасной зоне.

Рассмотрим скорость насыщения грунта водой во время ливней на примере Сочи (данные МЧС за 2024): интенсивность дождя: 50 мм/час, что приводит к росту влажности на 15 %/час для суглинков. При начальном условии влажности $W=20\%$ и угле наклона склона $\alpha=30^\circ$:

- через 1 час: $W=35\% \rightarrow K_u=1.681$ (опасно!).
- через 2 часа: $W=50\% \rightarrow K_u<1$ (катастрофический риск).

Данное исследование позволяет сделать вывод, что даже кратковременные ливни (2-3 часа) могут резко снизить устойчивость склонов.

Для управления оползневыми процессами необходимо выполнять мониторинг влажности – это ключевой фактор для обеспечения безопасности [12, 14, 15]. Крутые склоны при $\alpha>30^\circ$ требуют укрепления уже при влажности грунта более 20 %. Диаграмма (рис. 5) подтверждает, почему в Сочи и Ялте часто активизируются оползневые процессы: сочетание глинистых грунтов (быстро намокают) и крутые углы наклона склонов 30-40°.

В результате проведенных исследований можно сделать основные выводы по мониторингу за состоянием оползнеопасных склонов:

- датчики влажности на склонах с передачей данных в реальном времени (например, система ГЛОНАСС-мониторинга);
- пороговые значения для оповещения: для $\alpha=30^\circ$: тревога при $W>25\%$ (глины) или $W>35\%$ (суглинки).

Заключение

В результате проведенного исследования сделаны следующие основные выводы:

1. Установлено, что увеличение влажности грунта приводит к резкому снижению коэффициента устойчивости (K_u). Например, при влажности 10 % и угле наклона 20° K_u составляет 5,704, а при влажности 36 % и том же угле – всего 1,642.
2. Критическое значение $K_u < 1,0$ достигается при высокой влажности (более 36 %) и крутых склонах (угол $> 30^\circ$), что создает условия для мгновенного схода оползня.
3. Кратковременные, но интенсивные ливни (50 мм/час) могут увеличить влажность суглинков на 15 % в час. Например, при начальной влажности 20 % и угле 30° уже через 2 часа K_u падает ниже 1,0, что создает катастрофический риск.
4. Глинистые грунты (особенно мягкопластичные глины) теряют прочность быстрее, чем су-

глинки. Критическая влажность для глин составляет 25-35 %, а для суглинков – 30-40 %.

5. Наиболее опасными регионами в России являются Краснодарский край (Сочи, Туапсе, Геленджик) и Южный берег Крыма (Ялта, Алушта), где сочетаются глинистые грунты, крутые склоны и высокая интенсивность осадков.

На основе проведенного анализа предлагаются следующие меры для снижения риска оползней:

1. Мониторинг влажности грунта в реальном времени: внедрение автоматизированных систем с датчиками влажности, передающими данные через ГЛОНАСС или IoT-платформы; установка пороговых значений для оповещения (Тревога при $W > 25\%$ – для глинистых грунтов; Тревога при $W > 35\%$ – для суглинков)
2. Инженерные методы укрепления склонов: устройство дренажных систем для отвода воды; использование геосеток, геотекстилей и пленок; посадка растительности с глубокой корневой системой для укрепления грунта; разработка новых технико-экономически эффективных методов пассивной защиты склона, а также способов осушения массива оползневого грунта.

Список источников

1. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://23.mchs.gov.ru/deyatelnost/operativnaya-informaciya>
2. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.igras.ru/>
3. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://crimea-geology.ru/>
4. Богомолов, А. Н. Стабилизация оползня на участке строительства железной дороги в г. Сочи / А. Н. Богомолов [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 29 (48). – С. 15–25.
5. Причины активизации оползня на Федеральной автомобильной дороге г. Сочи и мероприятия по его стабилизации / А. Н. Богомолов, С. И. Маций, С. Ю. Калашников [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 29(48). – С. 6-14. – EDN RBUZHJ.
6. Оценка риска как мера повышения эффективности реализации геотехнического мониторинга на примере объекта в Южном федеральном округе / А. К. Рябухин, С. И. Маций, Е. В. Безуглова [и др.] // Construction and Geotechnics. – 2024. – Т. 15, № 4. – С. 15-24. – DOI 10.15593/2224-



9826/2024.4.02. – EDN MQVBWX.

7. Численный метод вариантного проектирования чаши бассейна и его технико-экономическая оценка / О. Г. Дегтярева, С.Ю. Найденев, Т.И. Сафронова, Г.В. Дегтярев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 303-308. – DOI 10.21515/1999-1703-69-303-308. – EDN YPJLXL.

8. Дегтярев, В. Г. Численное моделирование и цифровой математический анализ при исследовании сложных систем / В.Г. Дегтярев, Г.В. Дегтярев, О.Г. Дегтярева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 3(71). – С. 540-553. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-03-53. – EDN GXGHRA..

9. The foundation pit deep site ground state design modelling / G.V. Degtyarev, D.A. Datsjo, D.A. Vysokovsky, M.S. Turko // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 931. – P. 396-401. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.396. – EDN YPTFNC.

10. Методы расчета противооползневых сооружений на сейсмическое воздействие / С. И. Маций, О. Ю. Ещенко, Н. Н. Любарский [и др.] // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2024. – № 5. – С. 2-7. – EDN HEIJJD.

11. Лейер, Д. В. Особенности проектирования опор трубопроводов на оползневых склонах / Д. В. Лейер, Д. Г. Серый, Н. Н. Любарский // Транспортные сооружения. – 2021. – Т. 8, № 3. – DOI 10.15862/02SATS321. – EDN XTKWHY.

12. Любарский, Н. Н. Полуколичественная оценка риска оползневых склонов автомобильных дорог в Краснодарском крае: специальность

05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Любарский Николай Николаевич. – Волгоград, 2012. – 24 с. – EDN QHVSPH.

13. Полищук, А. И. Оценка влияния наклона раздельного ряда из свай между фундаментами соседних зданий на их осадки / А. И. Полищук, А. С. Межаков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10, № 1. – С. 69-79. – DOI 10.15593/2224-9826/2019.1.07. – EDN ZFDIYX.

14. Маций, В. С. Геофизический мониторинг опасных оползневых процессов на автомобильных дорогах Краснодарского края / В. С. Маций, А. И. Кацко, Д. И. Кацко // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2022. – Т. 1. – С. 114-121. – EDN DFZUGS.

15. Analysis of the stability of the Kuban River landslide slope involving the materials of landslide hazard monitoring / M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin, I. A. Prikhodko, A. A. Rudenko // Construction and Geotechnics. – 2023. – Vol. 14, No. 4. – P. 62-74. – DOI 10.15593/2224-9826/2023.4.05. – EDN GJXUKZ.

16. Assessment of the technical condition of bridge crossings on the main canals of irrigation systems / M. A. Bandurin, I. A. Prikhodko, I. P. Bandurina, A. A. Rudenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2023. – Vol. 1138, No. 1. – P. 012002. – DOI 10.1088/1755-1315/1138/1/012002. – EDN KUCCNI.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. E'lektronny'j resurs. Rezhim dostupa: <https://23.mchs.gov.ru/deyatelnost/operativnaya-informaciya>
2. E'lektronny'j resurs. Rezhim dostupa: <http://www.igras.ru/>
3. E'lektronny'j resurs. Rezhim dostupa: <http://crimea-geology.ru/>
4. Bogomolov, A. N. Stabilizaciya opolznaya na uchastke stroitel'stva zheleznoj dorogi v g. Sochi / A. N. Bogomolov [i dr.] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arxitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arxitektura. – 2012. – № 29 (48). – С. 15–25.
5. Prichiny aktivizacii opolznaya na Federal'noj avtomobil'noj doroge g. Sochi i meropriyatiya po ego stabilizacii / A. N. Bogomolov, S. I. Macij, S. Yu. Kalashnikov [i dr.] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arxitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arxitektura. – 2012. – № 29(48). – С. 6-14. – EDN RBUZJJ.
6. Ocenka riska kak mera pov'sheniya e'ffektivnosti realizacii geotexnicheskogo monitoringa na primere ob'ekta v Yuzhnom federal'nom okruge / A. K. Ryabuxin, S. I. Macij, E. V. Bezuglova [i dr.] // Construction and Geotechnics. – 2024. – Т. 15, № 4. – С. 15-24. – DOI 10.15593/2224-9826/2024.4.02. – EDN MQVBWX.
7. Chislenny'j metod variantnogo proektirovaniya chashi bassejna i ego texniko-e'konomicheskaya ocenka / O. G. Degtyareva, S. Yu. Najdenov, T. I. Safronova, G. V. Degtyarev // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 69. – С. 303-308. – DOI 10.21515/1999-1703-69-303-308. – EDN YPJLXL.
8. Degtyarev, V. G. Chislennoe modelirovanie i cifrovoj matematicheskij analiz pri issledovanii slozhny'x sistem / V. G. Degtyarev, G. V. Degtyarev, O. G. Degtyareva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vy'sshee professional'noe obrazovanie. – 2023. – № 3(71). – С. 540-553. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-03-53. – EDN GXGHRA..
9. The foundation pit deep site ground state design modelling / G. V. Degtyarev, D. A. Datsjo, D. A. Vysokovsky, M. S. Turko // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 931. – P. 396-401. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.396. – EDN YPTFNC.
10. Metody rascheta protivopolznevny'x sooruzhenij na sejsmicheskoe vozdejstvie / S. I. Macij, O. Yu.



Eshhenko, N. N. Lyubarskij [i dr.] // Osnovaniya, fundamenty i mexanika gruntov. – 2024. – № 5. – S. 2-7. – EDN HEIJJD.

11. Lejer, D. V. Osobennosti proektirovaniya opor truboprovodov na opolznevyx sklonax / D. V. Lejer, D. G. Seryj, N. N. Lyubarskij // Transportny'e sooruzheniya. – 2021. – T. 8, № 3. – DOI 10.15862/02SATS321. – EDN XTKWHY.

12. Lyubarskij, N. N. Polukulichestvennaya ocenka riska opolznevyx sklonov avtomobil'nyx dorog v Krasnodarskom krae : special'nost' 05.23.11 «Proektirovanie i stroitel'stvo dorog, metropolitenov, ae'rodromov, mostov i transportnyx tonnelej» : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk / Lyubarskij Nikolaj Nikolaevich. – Volgograd, 2012. – 24 s. – EDN QHVSPH.

13. Polishhuk, A. I. Ocenka vliyaniya naklona razdelitel'nogo ryada iz svaj mezhdru fundamentami sosednix zdaniy na ix osadki / A. I. Polishhuk, A. S. Mezhaikov // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politexnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arxitektura. – 2019. – T. 10, № 1. – S. 69-79. – DOI 10.15593/2224-9826/2019.1.07. – EDN ZFDIYX.

14. Macij, V. S. Geofizicheskij monitoring opasnyx opolznevyx processov na avtomobil'nyx dorogax Krasnodarskogo kraya / V. S. Macij, A. I. Kaczko, D. I. Kaczko // Sovremennyye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika. – 2022. – T. 1. – S. 114-121. – EDN DFZUGS.

15. Analysis of the stability of the Kuban River landslide slope involving the materials of landslide hazard monitoring / M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin, I. A. Prikhodko, A. A. Rudenko // Construction and Geotechnics. – 2023. – Vol. 14, No. 4. – P. 62-74. – DOI 10.15593/2224-9826/2023.4.05. – EDN GJXUKZ.

16. Assessment of the technical condition of bridge crossings on the main canals of irrigation systems / M. A. Bandurin, I. A. Prikhodko, I. P. Bandurina, A. A. Rudenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2023. – Vol. 1138, No. 1. – P. 012002. – DOI 10.1088/1755-1315/1138/1/012002. – EDN KUCCNI.

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

Дегтярев Георгий Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры архитектуры, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», degtyarev.g.v@mail.ru

Лейер Дарья Валерьевна, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой оснований и фундаментов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», dasha_leyer@mail.ru

Дегтярева Ольга Георгиевна, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой строительного производства, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», degtyareva.o.g@mail.ru

Author Information

Degtyarev Georgy V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Architecture, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, degtyarev.g.v@mail.ru

Leyer Darya V., Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Foundations and Foundations, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, dasha_leyer@mail.ru

Degtyareva Olga G., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Construction Production, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, degtyareva.o.g@mail.ru

Статья поступила в редакцию 11.07.2025; одобрена после рецензирования 02.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 11.07.2025; approved after reviewing 02.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 629.016
DOI: 10.36508/RSATU.2025.56.71.012

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ
ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ВИДЕОРЕГИСТРАЦИИ**

Отари Назирович Дидманидзе¹, Сергей Николаевич Девянин², Алексей Викторович Куриленко³✉, Артёмбек Сергеевич Гузалов⁴, Николай Николаевич Пуляев⁵

^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Россия

¹ didmanidze@rgau-msha.ru

² devta@rambler.ru

³ a.kurilenko@rgau-msha.ru

⁴ aguzalov@mail.ru

⁵ pulyaev@rgau-msha.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Существующие методы определения фактической скорости тягово-транспортных средств не обеспечивают оперативного использования результатов измерений в процессе работы, что снижает эффективность выполняемых задач. Целью исследования является проверка возможности применения видеорегистрации для оценки буксования тягово-транспортного средства при выполнении технологических операций.

Методология. Исследования проводились на базе кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. В ходе исследований была использована лабораторная установка, имитирующая движение машины; запись данных с прибора ИСД 3.1 велась на ноутбук через COM порт при помощи программного обеспечения ISD_Ethernet_Ru.exe. Запись опорной поверхности производилась на камеру Sony IMX363, а проверка результатов полученной скорости производилась при помощи эталонного прибора ИСД 3.1.

Результаты. Проведенные исследования показали, что видеорегистрация опорной поверхности в процессе движения трактора может быть использована для определения действительной скорости, при этом оптимальная частота съёмки должна находиться в диапазоне 60 кадров в секунду, разрешение изображения должно быть от 1920x1080 до 2560x1440. Точность расчёта относительно эталонного прибора составила 2 %.

Заключение. Представлена зависимость между параметрами кадра и частотой съёмки с оценкой погрешности определения скорости движения. Результаты экспериментальных исследований показали правомерность предложенного подхода и целесообразность дальнейшего продолжения исследований по этой теме.

Ключевые слова: лабораторная установка, видеорегистрация, режим видеосъёмки, действительная скорость, буксование

Для цитирования: Дидманидзе О.Н., Девянин С.Н., Куриленко А.В., Гузалов А.С., Пуляев Н.Н. Результаты исследования определения действительной скорости тягово-транспортного средства по видеорегистрации // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С.90-96 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.56.71.012>

Original article

**RESULTS OF THE STUDY OF DETERMINING THE ACTUAL SPEED OF A TRACTION VEHICLE BY
VIDEO REGISTRATION**

Otari N. Didmanidze¹, Sergey N. Devyanin², Alexey V. Kurilenko³✉, Artembek S. Guzalov⁴, Nikolay N. Pulyaev⁵

^{1,2,3,4,5} Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

¹ didmanidze@rgau-msha.ru² devta@rambler.ru³ a.kurilenko@rgau-msha.ru⁴ aguzalov@mail.ru⁵ pulyaev@rgau-msha.ru

Abstract

Problem and purpose. Existing methods for determining the actual speed of traction vehicles do not provide for the prompt use of measurement results during operation, which reduces the efficiency of the tasks performed. The aim of the study is to test the possibility of using video recording to assess the slippage of a traction vehicle during technological operations.

Methodology. The studies were conducted at the Department of Tractors and Automobiles of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. During the studies, a laboratory setup simulating the movement of a machine was used, data was recorded from the ISD 3.1 device to a laptop via a COM port using the ISD_Ethernet_Ru.exe software. The recording of the supporting surface was made on a Sony IMX363 camera, and the results of the obtained speed were checked using the ISD 3.1 reference device.

Results. The conducted studies have shown that the use of video recording of the supporting surface during the tractor movement can be used to determine the actual speed, while the optimal shooting frequency should be in the range of 60 frames per second, the image resolution should be from 1920x1080 to 2560x1440.

Conclusion. The relationship between the frame parameters and the shooting frequency with an estimate of the error in determining the speed of movement is presented. The results of the experimental studies showed the validity of the proposed approach and the feasibility of further research on this topic.

Key words: laboratory setup, video recording, video shooting mode, actual speed, slipping

For citation: Didmanidze O.N., Devyanin S.N., Kurilenko A.V., Guzalov A.S. Pulyaev N.N. Results of the study of determining the actual speed of a traction vehicle using video recording // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025. T.17, No.3, P. 90-96 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.56.71.012>

Введение

Современные трактора снабжены множеством цифровых систем для эффективного использования и контроля работы. Производители внедряют цифровые сервисы, новейшие датчики, используют машинное зрение и другие способы, повышающие эффективность трактора [1]. Одним из показателей эффективной работы трактора является его буксование во время работы, а для расчёта этого показателя необходимо фиксировать действительную скорость трактора [2].

Существует множество способов определения действительной скорости, таких как пятое колесо [3] или методика расчёта, используемая в ГОСТ 30745-2001 [4], ГОСТ Р 52777-2007 [5] и многие другие, но требования к современному трактору растут. Так, к примеру, в новые трактора Ростсельмаш 2400 завод-изготовитель может установить датчик скорости Доплера [6], который используется для расчёта буксования трактора, после чего выводит это значение на приборной панели в кабине механизатора. Или, к примеру, в цифровой сервис тракторов Кировец К-7М, Кировец К-5 также внедрён способ определения буксования, только действительная скорость в нём определяется при помощи спутникового позиционирования, [7] на основе данных которого высчитывается действительная скорость трактора.

Цель этих внедрений понятна – мониторинг и контроль показателя буксования во время работы трактора. У каждого способа измерения действительной скорости есть свои преимущества и недостатки: так, датчики, работающие на эффекте Доплера, имеют не самую высокую точность, погрешность их измерений порядка 10 %, а расчёт

действительной скорости по данным со спутника предполагает установку специальных станций для уточнения положения трактора, и не всегда стабилен, что, в свою очередь, также накладывает некоторые условия для его корректной работы.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что необходимо увеличивать количество методов и средств измерения действительной скорости трактора, что позволит в будущем более гибко подбирать технологию измерения в зависимости от требований к условиям эксплуатации, добиваясь оптимальной эффективности [8]. Итак, целью исследования является экспериментальная проверка способа измерения действительной скорости трактора при помощи видеорегистрации.

Материалы и методы исследования

В качестве материала исследований были выбраны участки опорной поверхности, по которым чаще всего приходится передвигаться трактору. Передвижение производилось на лабораторной установке с установленным на ней оборудованием и программным обеспечением, указанным в таблице 1.

Монтаж измерительного модуля ИСД 3.1 проводился на магнитное основание с предварительно установленным на подвижной лабораторной установке корпусом из металла на высоте 70 см от опорной поверхности. Камера видеорегистратора смонтирована на высоте 96 см и вынесена за корпус лабораторной установки на 25 см для большего захвата опорной поверхности объективом, при этом камера расположена таким образом, чтобы широкая сторона полученного изображения располагалась по ходу движения лабораторной установки, как показано на рисунке 1. Питание измери-



тельного модуля производилось от АКБ

Принцип определения действительной скорости заключается в съёмке на видеокамеру опор-

ной поверхности, по которой объект перемещается, камера установлена на объекте перемещения (рис1).

Таблица 1 – Оборудование и программное обеспечение, используемое для измерения

Название	Модель/Версия
Видеорегистратор	Sony IMX363
Эталонный датчик действительной скорости	ИСД 3.1
ПО для записи скорости	ISD_Ethernet_Ru.exe
Ноутбук	Lenovo latitude 3590
ПО для обработки видео	Filmora
ПО для обработки кадров	Krita
ПО для расчёта и построения графиков	MicrosoftExcel

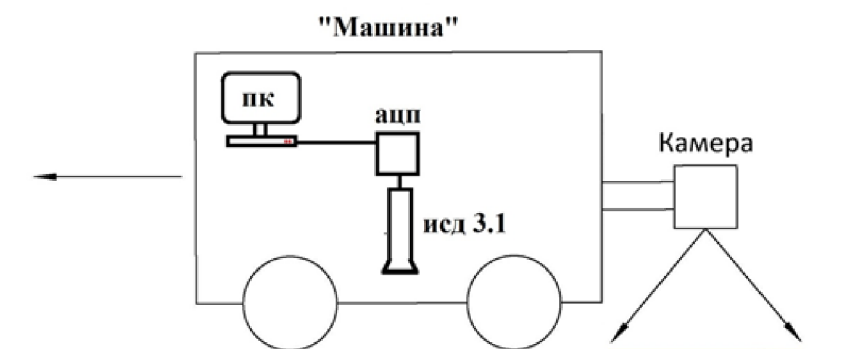


Рис. 1 – Принципиальная схема измерения скорости
Fig. 1 – Basic lay out of the video camera

На видео во время просмотра наблюдается опорная поверхность, которая никогда не является идеально монотонной, на ней могут быть пятна, камни, листва, разные вкрапления в асфальте и т.д. Фиксируя и находя положения этих объектов, на последующих кадрах видео можно узнать их перемещение. Единицей времени выступает частота кадров, а расстоянием – пиксели на кадрах видеоряда.

Размер регистрируемого участка опорной поверхности зависит от расположения камеры и угла захвата видеоизображения α , как показано на рисунке 2. Длина регистрируемого участка L опорной поверхности может быть найдена по высоте расположения камеры H и углу захвата α :

$$L = 2H \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (1)$$

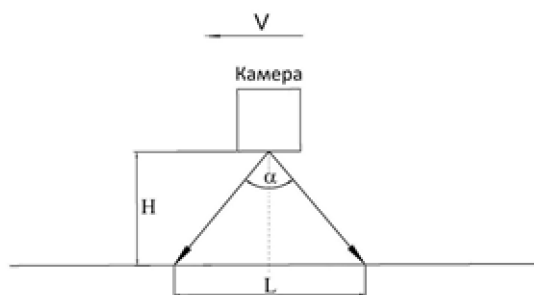


Рис. 2 – Принципиальная схема записи опорной поверхности на видеорегистратор
Fig. 2 – Schematic diagram of the reference surface recording on the video recorder

Высота H может быть измерена как в процессе монтажа камеры, так и при движении машины датчиком расстояния.

Для определения скорости по видеорегистрации необходимо знать положение зафиксированного фрагмента на первом кадре a_i , положение фрагмента на втором кадре a_{i+1} (рис.3), время регистрации первого t_1 кадра и время регистрации второго кадра t_2 , тогда скорость движения может быть определена по формуле, приведённой ниже

$$v' = \frac{a_i - a_{i+1}}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta a}{\Delta t} \left(\frac{\text{пиксель}}{\text{секунда}} \right) \quad (2)$$

Для нахождения скорости в метрах в секунду необходимо воспользоваться следующей формулой

$$v = \frac{a_i k_a - a_{i+1} k_a}{\Delta t} = \frac{(a_i - a_{i+1}) k_a}{\Delta t} \left(\frac{\text{метр}}{\text{секунда}} \right) \quad (3)$$

где k_a – коэффициент пропорциональности пиксель в метрах

Для того чтобы узнать расстояние, на которое перемещается движущийся объект, необходимо знать разрешение кадра, с которым снимает видеокамера. Это количество пикселей по горизонтали a_p и вертикали кадра b_p , которые формируют изображение (рис. 3). Для нахождения размера пикселя на фрагменте кадра в метрах необходимо найти коэффициент пропорциональности между пикселем и опорной поверхностью (рис. 3).

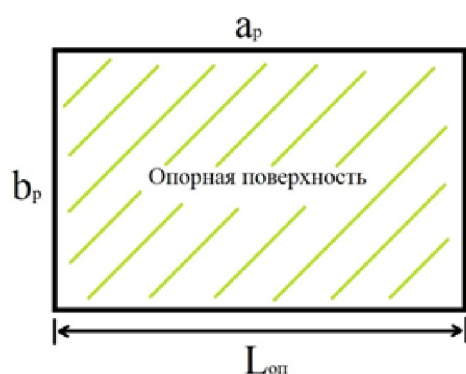


Рис. 3 – Опорная поверхность
Fig. 3 – Support surface

Найти можно по формуле:

$$k_a = \frac{l_{оп}}{a_p} \quad (4)$$

где $l_{оп}$ — это длина отрезка опорной поверхности, уместяющегося по длине кадра при регистрации [м] (рис.3).

k_a — количество пикселей по направлению движения.

Дальнейшая обработка видеоматериала проводилась при помощи программного обеспечения Filmora с возможностью поиска заданного фрагмента на кадрах видеорегистрации и Krita с включённым отображением поля кадра для подсчёта перемещения. Обработка данных с целью получения значений действительной скорости, построения и анализа полученных графиков производилась с помощью Microsoft Excel.

Для того чтобы найти время, за которое происходит смена кадров на видео, нужно знать частоту кадров f (количество сделанных фотографий в секунду); чтобы её найти, нужно:

$$t_{\text{кадра}} = \frac{1}{f} \quad (5)$$

Таблица 2 – Пропорциональность кадров во времени

Частота съёмки f , кадр/с	24	30	60	100
Время смены одного кадра $t_{\text{кадра}}$, с	0,0417	0,0333	0,0167	0,01

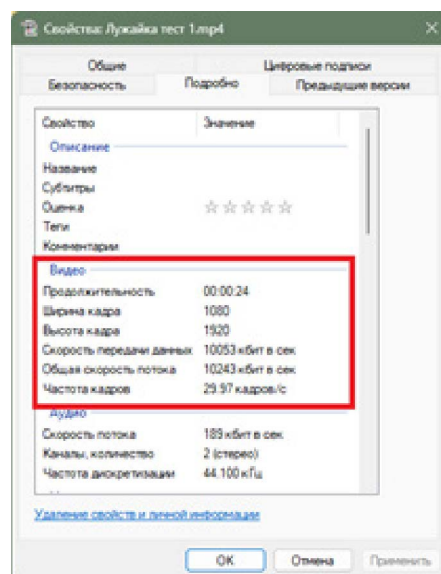


Рис. 4 – Свойства видео записи
Fig. 4 – Video recording properties

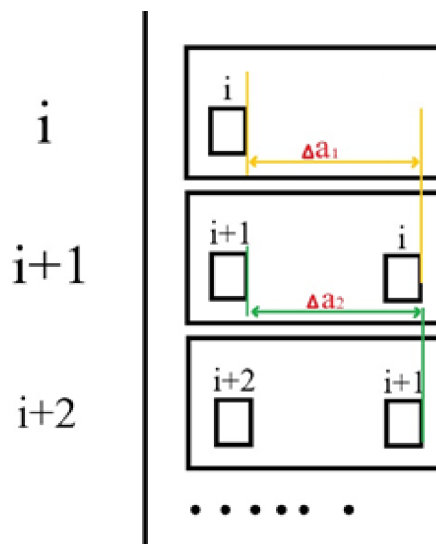


Рис. 5 – Нахождение Δa на кадрах видеорежистратора
Fig. 5 – Finding Δa on the video recorder footage

Таким образом мы можем посчитать скорость движения на каждом кадре видеорежистратора. Представим это графически (рис. 6).

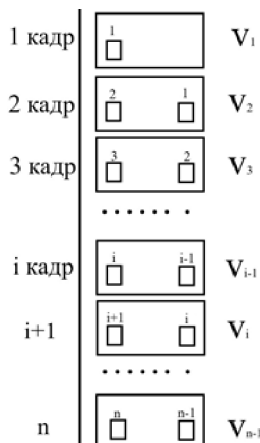


Рис. 6 – Схематичное отображение поиска фрагмента кадра

Fig. 6 – Schematic representation of frame fragment search

К примеру, если наш объект был зафиксирован на первом кадре в зоне 210 пикселя (a_1) и затем на последующем кадре в зоне 243 пикселя (a_2) (рис. 7), представим это в виде формулы:

$$v' = \frac{243 - 210}{0,066 - 0,033} = \frac{a_2 - a_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta a}{\Delta t} \left(\frac{\text{пиксель}}{\text{секунда}} \right)$$

Воспользовавшись k_a – коэффициентом пропор-

$$v = \frac{(243 \times 0,00045) - (210 \times 0,00045)}{0,066 - 0,033} = \frac{0,01485}{0,033} \left(\frac{\text{метр}}{\text{секунда}} \right) = 0,45 \text{ м/с}$$

Переведём м/с в км/ч:

$$0,45 \text{ м/с} \times 3,6 = 1,62 \text{ км/ч (рис. 7)}$$

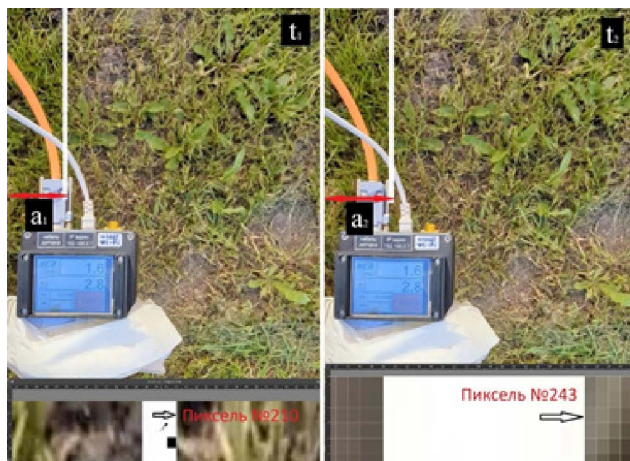


Рис.7 – Пример обработки видеоматериала

Fig. 7– Example of videomaterial processing

Результаты исследований и их обсуждение

Для проверки такого способа измерений была использована подвижная лабораторная установка, в которой на известной высоте был установлен видеореги-стратор, который записывал опорную

поверхность во время движения установки, с заданным разрешением съёмки и частотой кадров (рис.8).



Рис.8 – Лабораторная установка

Fig. 8 – Laboratory installation

В результате обработки данных, полученных после проведения лабораторного опыта, были построены графики скорости, которые сопоставили с графиками действительной скорости, полученными с эталонного прибора (рис. 9). Точность относительно эталонного прибора составила 2 %.

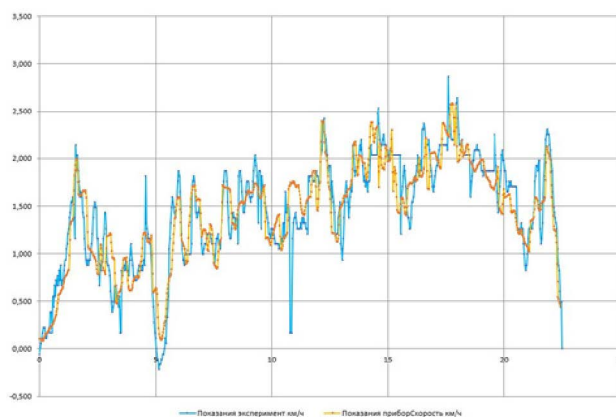


Рис.9 – Сравнение результатов измерений действительной скорости движения предложенного метода и эталонного прибора.

Fig. 9 – Comparison of the actual velocity measurement results of the proposed method and the reference instrument.

Закключение

Способ определения действительной скорости мобильных средств включает восприятие не-монотонности на ограниченном участке опорной



поверхности видеокамерой. На отображении движущихся объектов выделяются особые точки, для которых оценивается пиксельное смещение при переходе к следующим кадрам.

Высота установки видеорегистратора должна быть в пределах от 60 до 120 см, при этом оптимальная частота съёмки должна находиться в диапазоне 60 кадров в секунду, разрешение изображения должно быть от 1920x1080 до 2560x1440. Точность расчёта относительно эталонного прибора составила 2 %.

При обработке результатов экспериментальных данных получена максимальная действительная скорость движения лабораторной установки 2,5 км/ч.

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование видеорегистрации опорной поверхности в процессе движения трактора может быть использовано для определения действительной скорости.

Список источников

1. Промышленность, сельское хозяйство, энергетика, инфраструктура: проблемы и векторы развития : Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 30 июня 2017 года. – Екатеринбург: НОО "Профессиональная наука", 2017. – 147 с. – ISBN 978-1-370-85013-6. – EDN YZDTKD.
2. Учебник Кутькова Г.М. "Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства" // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 3. – С. 26. – EDN UXPKL.
3. Спинов А.Р. Учебные дорожные испытания автомобиля: методические указания. / А.Р. Спинов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов. – М.: МАДИ,

2015 – 48 с.

4. Электронный фонд правовых и нормативно технических документов ГОСТ Р 52777-2007 / Электронный фонд правовых и нормативно технических документов [Электронный ресурс] // kodeks.ru/ : [сайт]. — URL: 4. <https://docs.cntd.ru/document/1200057686>.
5. Электронный фонд правовых и нормативно технических документов ГОСТ 30745-2001 / Электронный фонд правовых и нормативно технических документов [Электронный ресурс] // kodeks.ru/ : [сайт]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030187>.
6. Глущенко, А. А. Эффект Доплера - Ритца при отражении от неравномерно движущихся объектов / А. А. Глущенко, А. Г. Глущенко, В. А. Глущенко // Научное обозрение. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 15-20. – DOI 10.17513/srts.1470. – EDN JTAPST.
7. Опыт внедрения отечественных технологий высокоточного спутникового позиционирования / Ю. Урличич, В. Безбородов, Г. Ступак [и др.] // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2007. – Т. 1, № 3-4. – С. 41-45. – EDN KHPWXH.
8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024624556 Российская Федерация. «Гибридный сельскохозяйственный трактор малого тягового класса» : № 2024624047 : заявл. 27.09.2024 : опубл. 18.10.2024 / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, В. Л. Чумаков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева». – EDN APRPDD.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Promyshlennost', sel'skoye khozyaystvo, energetika, infrastruktura: problemy i vektory razvitiya : Sbornik nauchnykh trudov po materialam I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Yekaterinburg, 30 iyunya 2017 goda.* – Yekaterinburg: NOO "Professional'naya nauka", 2017. – 147 s. – ISBN 978-1-370-85013-6. – EDN YZDTKD.
2. *Uchebnik Kut'kova G.M. "Traktory i avtomobili. Teoriya i tekhnologicheskiye svoystva" // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva.* – 2015. – № 3. – S. 26. – EDN UXPKL.
3. *Spinov A.R. Uchebnyye dorozhnyye ispytaniya avtomobilya: metodicheskiye ukazaniya.* / A.R. Spinov, S.R. Kristal'nyy, N.V. Popov. – M.: MADI, 2015 – 48 s.
4. *Elektronnyy fond pravovykh i normativno tekhnicheskikh dokumentov GOST R 52777-2007 / Elektronnyy fond pravovykh i normativno tekhnicheskikh dokumentov [Elektronnyy resurs] // https://kodeks.ru/ : [sayt]. — URL: 4. https://docs.cntd.ru/document/1200057686.*
5. *Elektronnyy fond pravovykh i normativno tekhnicheskikh dokumentov GOST 30745-2001 / Elektronnyy fond pravovykh i normativno tekhnicheskikh dokumentov [Elektronnyy resurs] // https://kodeks.ru/ : [sayt]. — URL: https://docs.cntd.ru/document/1200030187.*
6. *Glushchenko, A. A. Effekt Doplera - Rittsa pri otrazhenii ot neravnomerno dvizhushchikhsya ob'yektov / A. A. Glushchenko, A. G. Glushchenko, V. A. Glushchenko // Nauchnoye obozreniye. Tekhnicheskkiye nauki.* – 2024. – № 3. – S. 15-20. – DOI 10.17513/srts.1470. – EDN JTAPST.
7. *Opyt vnedreniya otechestvennykh tekhnologiy vysokotochnogo sputnikovogo pozitsionirovaniya / YU. Urlichich, V. Bezborodov, G. Stupak [i dr.] // T-Comm: Telekommunikatsii i transport.* – 2007. – T. 1, № 3-4. – S. 41-45. – EDN KHPWXH.
8. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh № 2024624556 Rossiyskaya Federatsiya. «Gibridnyy sel'skokhozyaystvennyy traktor malogo tyagovogo klassa» : № 2024624047 : zayavl. 27.09.2024 : opubl. 18.10.2024 / O. N. Didmanidze, A. V. Yevgrafov, V. L. Chumakov [i dr.] ; zayavitel' Federal'noye*



gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya «Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet - MSKHA imeni K.A. Timiryazeva». – EDN APRPDD

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, академик РАН, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, didmanidze@rgau-msha.ru

Девянин Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, devta@rambler.ru

Куриленко Алексей Викторович, аспирант, ассистент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, a.kurilenko@rgau-msha.ru

Гузалов Артёмбек Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, aguzalov@mail.ru

Пуляев Николай Николаевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, pulyaev@rgau-msha.ru

Author Information

Didmanidze Otari N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, didmanidze@rgau-msha.ru

Devyanin Sergey N., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, devta@rambler.ru

Kurilenko Aleksey V., Postgraduate Student, Assistant of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, a.kurilenko@rgau-msha.ru

Guzalov Artembek S., PhD, Associate Professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, aguzalov@mail.ru

Pulyaev Nikolay N., Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Tractors and Automobiles of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, pulyaev@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 12.08.2025; одобрена после рецензирования 11.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 12.08.2025; approved after reviewing 11.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 681.58
DOI: 10.36508/RSATU.2025.74.59.013

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ОТХОДОВ СВИНОКОМПЛЕКСА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ

Татьяна Андреевна Колесникова¹✉, Марина Анатольевна Куликова²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия

¹ tanechka-ko1986@yandex.ru

² my7rysyk@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В статье рассмотрена актуальная проблема, связанная с необходимостью разработки системы автоматического контроля и управления параметрами при реагентной обработке жидких отходов свиного комплекса с целью получения органоминерального удобрения. Автоматизация технологических процессов открывает широкие возможности для модернизации производств по переработке отходов. Благодаря использованию передовых технических средств, таких как сенсоры, аналитические системы и алгоритмы машинного обучения, появляется возможность отслеживать состояние всех ключевых параметров переработки в реальном времени. Это обеспечивает оперативное управление всеми этапами преобразования отходов, позволяя избежать нежелательных последствий и повысить производительность предприятия. Целью исследования являлась разработка функциональной схемы автоматизации, которая позволит обеспечить оптимальный режим работы сооружений, своевременное включение сигнализационных систем и оповещение оператора в случае отклонения от нормы.

Методология. Связи между элементами системы автоматизации реализуются через интернет либо беспроводные каналы передачи данных. Контроллер должен обеспечить оптимальный режим работы сооружений, своевременное включение сигнализационных систем и оповещение оператора в случае возникновения отклонений от нормы. Основные элементы системы автоматизации: программируемый логический контроллер, осуществляющий сбор и обработку сигналов от датчиков, выдачу управляющих команд исполнительным устройствам; операторская панель (щит), обеспечивающая визуализацию состояния процесса и возможность ручного вмешательства; датчики – измерительные приборы, позволяющие фиксировать изменения параметров технологического процесса; исполнительные механизмы – устройства, непосредственно воздействующие на процесс.

Результаты. Рассмотрены показатели, подлежащие контролю и управлению, включая расход жидких отходов, уровень жидкости и осадков, концентрацию взвешенных веществ, фосфор, калий, азот. Выделены режимы контроля: аварийный сброс, продление отстаивания, регулирование концентрации и уровня. Разработана функциональная схема автоматического контроля и регулирования основных параметров процесса.

Выводы. Развитие и внедрение автоматизированных систем управления процессом переработки жидких отходов становятся необходимым условием успешного функционирования сельскохозяйственных предприятий. Эффективная организация такого рода процессов повышает конкурентоспособность компаний, улучшает экологическую обстановку и поддерживает баланс интересов бизнеса и окружающей среды.

Ключевые слова: автоматизация, реагентная обработка, отходы свиного комплекса, регулирование, контроль параметров

Для цитирования: Колесникова Т.А., Куликова М.А. Автоматизация процесса реагентной обработки жидких отходов свиного комплекса с целью получения органоминерального удобрения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С.97-104 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.74.59.013>



AUTOMATION OF THE PROCESS OF REAGENT TREATMENT OF LIQUID WASTE OF A PIG FARM FOR THE PURPOSE OF OBTAINING ORGANOMINERAL FERTILIZER

Tatyana A. Kolesnikova¹✉, Marina A. Kulikova²

^{1,2} South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov", Novocherkassk, Russia

¹ tanechka-ko1986@yandex.ru

² my7rysyk@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The article discusses an urgent problem related to the need to develop an automatic control and management system for the reagent treatment of liquid waste from a pig farm in order to produce organic-mineral fertilizer. The automation of technological processes opens up vast opportunities for the modernization of waste processing facilities. By using advanced technical solutions such as sensors, analytical systems, and machine learning algorithms, it becomes possible to monitor the status of all key processing parameters in real-time. This allows for the efficient management of all stages of waste conversion, preventing unwanted consequences and enhancing the productivity of the facility. The purpose of the study was to develop a functional automation scheme that would ensure optimal operation of the structures, timely activation of alarm systems, and notification of the operator in case of deviations from the norm.

Methods. The connections between the automation system elements are implemented via the Internet or wireless data transmission channels. The controller must ensure the optimal operation of the structures, the timely activation of alarm systems, and the notification of the operator in case of deviations from the norm. The main elements of the automation system include a programmable logic controller that collects and processes signals from sensors and issues control commands to actuators, an operator panel (dashboard) that provides visualization of the process status and allows for manual intervention, sensors that measure changes in the process parameters, and actuators that directly influence the process.

Results. The indicators to be controlled and managed are considered, including the flow rate of liquid waste, the level of liquid and sediment, the concentration of suspended solids, phosphorus, potassium, and nitrogen. The control modes are highlighted: emergency discharge, extended settling, and concentration and level regulation. A functional diagram of automatic control and regulation of the main process parameters has been developed.

Conclusion. The development and implementation of automated systems for managing the liquid waste recycling process is becoming a necessary condition for the successful operation of agricultural enterprises. The effective organization of such processes increases the competitiveness of companies, improves the environmental situation, and maintains a balance between business interests and environmental protection.

Key words: automation, reagent treatment, pig complex waste, regulation, parameter control

For citation: Kolesnikova T.A., Kulikova M.A. Automation of the process of reagent treatment of liquid waste of a pig farm for the purpose of obtaining organomineral fertilizer // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.3, P.97-104 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.74.59.013>

Введение

Переработка жидких отходов животноводства является одной из важнейших экологических проблем современности. Особенное внимание уделяется переработке жидких отходов свиного комплекса ввиду большого поголовья на крупных фермах и специализированных комплексах. Современные технологии [1-3] позволяют эффективно утилизировать такие отходы, снижая негативное воздействие на окружающую среду и повышая рентабельность сельскохозяйственного производства за счет переработки отходов в органоминеральные удобрения. Большой проблемой является то, что установка и обслуживание процесса реагентной обработки должны всегда быть управляемыми и контролируемые.

Применение современных технологий автоматизации в сооружениях для обработки обеспечит интенсификацию производства и даст существен-

ный экономический эффект. Автоматизация технологических процессов переработки позволяет повысить эффективность и безопасность труда, снизить затраты на производство органоминеральных удобрений, а также уменьшить количество выбросов вредных веществ в атмосферу и почву. Автоматизированные системы способны точно контролировать расход сырья, реагентов, электроэнергии и воды, оптимизировать производственные процессы и минимизировать ненужные расходы ресурсов. Современная автоматика позволяет быстро адаптироваться к изменениям спроса, внедрять новые технологические решения и легко масштабировать производство без значительных временных и финансовых вложений [4].

Разработка и внедрение систем автоматизации технологического процесса переработки свиных отходов являются перспективным направлением развития сельского хозяйства и экологической



безопасности. Такие системы позволяют значительно сократить издержки и повысить качество производимой продукции, обеспечивая устойчивое развитие отрасли. Автоматизация процессов становится ключевым инструментом современного менеджмента, позволяющим организациям оставаться конкурентоспособными, эффективными и успешными в постоянно меняющихся рыночных условиях [5].

Целью автоматизации процесса разделения жидких отходов является повышение точности и надежности управления процессом. Выбор оборудования для автоматизации технологических процессов требует комплексного подхода и учета множества факторов. Правильный выбор гарантирует высокую эффективность, надежность и экономичность эксплуатации системы. Оборудование должно соответствовать стандартам интерфейсов и протоколов обмена данными, используемых в предприятии. Важно учитывать совместимость выбранного оборудования с имеющейся инфраструктурой, программным обеспечением и сетевыми технологиями. При выборе оборудования особое внимание следует уделить его надежности и устойчивости к внешним воздействиям (температура, влажность, вибрация).

Успешное внедрение автоматизации подразумевает интеграцию множества переменных, которые необходимо контролировать, с основной целью повышения эффективности производственного процесса и снижения рисков, которым подвергаются операторы при взаимодействии с существующими машинами и оборудованием [6]. Мониторинг и контроль процессов переработки отходов в органоминеральные удобрения в режиме реального времени могут быть достигнуты с помощью датчиков, аналитики данных и алгоритмов машинного обучения. В целом, автоматизация имеет решающее значение для оптимизации процессов переработки отходов, снижения воздействия на окружающую среду и содействия развитию более циклической и устойчивой экономики [7].

Технология автоматизации направлена на обеспечение автоматического управления и эксплуатации оборудования, систем или процессов для сокращения вмешательства человека и повышения эффективности. Это включает в себя использование датчиков, исполнительных механизмов, логических контроллеров и других технологий для мониторинга и управления рабочим состоянием устройства, чтобы оно работало в соответствии с заранее определенными процедурами или правилами. Развитие технологии автоматизации позволяет заменить многие повторяющиеся и сложные задачи устройствами, тем самым повышая эффективность и качество производства. Автоматизация способствует повышению эффективности производства и экологической эффективности предприятий [8].

Материалы и методы исследования

Отходы свиноводческого комплекса объемом 100 м³/сут транспортируются по каналам из помещений для содержания животных на фильтрующую поверхность (решетки) площадью 2 м²,

предназначенную для отделения грубых нерастворимых компонентов. Последующая подача осуществляется трубопроводом в ёмкость усреднения расхода, объемом 50 м³, предназначенную для временного хранения отходов продолжительностью около двух часов, в течение которых естественным образом происходит сепарация жидких отходов на две составляющие – жидкость и осадок. Объем сформировавшегося осадочного слоя достигает величины порядка 9,8 куб.м/сут, тогда как объем очищенной жидкостной фракции составляет примерно 91 м³/сут.

Образовавшиеся компоненты отдельно перемещаются специализированными насосами к следующим этапам обработки. Для перекачки осадочной массы используется насосное оборудование модели СД-16/10, а жидкая фракция направляется центробежным насосом типа СМ-80-50-200 в зону смешивания, куда одновременно вводятся щелочная и кислая реакционные смеси в форме суспензии.

Смесь жидкости и химреагентов поступает далее в цилиндрический резервуар с конусообразным днищем, где в течение полуторачасового периода реализуется ключевая стадия химического разложения, приводящего к образованию новой порции осветлённой жидкости и уплотненного осадка. Часть полученного осадка (примерно десятая доля общего объема) снова вводится в цикл перемешивания для оптимального распределения активных реагентов и достижения максимальной эффективности процесса очистки.

Параллельно осветлённая жидкость и масса осадка отправляются в специальные хранилища-накопители. Образовавшийся осадок накапливается отдельно и проходит стадию обезвоживания и последующего формирования гранул перед складированием или доставкой на сельскохозяйственные угодья для последующего применения в роли удобрения. Осветлённая жидкая фаза, обогащённая водорастворимыми биогенными элементами, применяется для полива полей.

Для поддержания стабильного функционирования инфраструктуры необходима постоянная оценка текущего состояния многочисленных технологических характеристик, что диктует потребность в создании высокоэффективной автоматической системы регуляции и управления всеми рабочими операциями. Интеграция компонентов данной системы выполняется с использованием проводных соединений или радиочастотных каналов связи. Центральный блок контролирует оптимальное функционирование всех узлов конструкции, своевременно активирует предупредительную сигнализацию и оперативно уведомляет персонал при выявлении нарушений нормальных режимов работы.

Главные узлы интегрированной системы представлены следующим набором устройств: программируемым микропроцессором, принимающим сигналы от измерительных приборов и генерирующим команды исполнительного характера; интерактивной панелью оператора, предоставляющей наглядную картину происходящих изменений и



позволяющей осуществлять вмешательство вручную; чувствительными датчиками, регистрирующими колебания основных рабочих параметров; механическими компонентами, выполняющими непосредственную коррекцию хода реакции. Подобная конфигурация обеспечивает качественное разделение исходного потока отходов, повышает

достоверность и стабильность управленческой функции.

При разработке схемы автоматизации реагентной обработки жидких отходов свинокомплекса с целью получения органоминерального удобрения обязательному контролю и управлению подлежат параметры, представленные в таблице.1

Таблица 1 – Параметры контроля и управления

Технологический параметр	Диапазон измерений	Погрешность	Место контроля	Режим	Вид контроля		Периодичность контроля		
					А	Л	Н	П	Л
Расход жидких отходов	100-150м³/сут	±10м³/сут	При подаче от смесителя во II отстойник	Аварийный сброс	+	+	+	+	+
Уровень жидкости	800-1500 мм	±20 мм	Во II отстойнике	Сброс жидкости	+	+	+	+	+
Уровень осадка	100-800 мм	±20 мм	Во II отстойнике	Продлевание отстаивания	+	+	+	+	+
Концентрация взвешенных веществ	200-400 мг/дм³	±20 мг/дм³	В жидкости II отстойника	Отстаивание	+	+	+	+	+
Время отстаивания	1,0-1,5 ч	+0,25 ч	II отстойник	Продлевание отстаивания	+	+	+	+	+
Расход жидкой фазы	100-150м³/сут	±10м³/сут	Перед накопителем жидкой фракции	Сброс	+	+	+	+	+
Расход осадка	10-15 м³/сут	±2 м³/сут	При подаче в смеситель из II отстойника	Количество	+	+	+	+	+
Напор	3-7 м	±1 м	При подаче в смеситель из II отстойника	Перекрыть задвижку на входе	+	+	+	+	+
Уровень твердой фазы	50-1500 мм	±10 мм	Накопитель	Сброс	+	+	+	+	+
Уровень жидкой фазы	50-1500 мм	±10 мм	Накопитель жидкой фазы	Сброс	+	+	+	+	+
Концентрация фосфора	500-600 мг/дм³	±10мг/дм³	На выходе из накопителя жидкой фазы	Разбавление	+	+	+	+	+
Концентрация калия	100-180 мг/дм³	±10мг/дм³	На выходе из накопителя жидкой фазы	Разбавление	+	+	+	+	+
Концентрация азота	300-1000 мг/дм³	±20мг/дм³	На выходе из накопителя жидкой фазы	Разбавление	+	+	+	+	+
Расход свежей воды	100-200 м³/сут	±20 м³/сут	На выходе из резервуара свежей воды	Закрываем задвижку	+	+	+	+	+
Концентрация азота	100-300 мг/дм³	±5,0 мг/дм³	После разбавления	Уменьшить сброс	+	+	+	+	+
Расход оросительной жидкости	100-200 м³/сут	±20 м³/сут	Перед подачей на поля орошения	Уменьшить сброс	+	+	+	+	+
Концентрация сероводорода	0-0,05 мг/м³	±0,01мг/м³	Воздух на полях орошения	Уменьшить сброс	+	+	+	+	+



Концентрация метил-меркаптана	0- 0,005 мг/м ³	±0,001 мг/м ³	Воздух на полях орошения	Уменьшить сброс	+	-	-	+	-
Концентрация аммиака	0,6 ч-1,0 мг/м ³	±0,1 мг/м ³	Воздух на полях орошения	Уменьшить сброс	+	-	-	+	-
Концентрация NO ₂	0,5 ч-0,9 мг/м ³	±0,1 мг/м ³	Воздух на полях орошения	Уменьшить сброс	+	-	-	+	-
Концентрация СО	0,5 ч-1,0	±0,1 мг/м ³	Воздух на полях орошения	Уменьшить сброс	+	-	-	+	-

Примечание: А – автоматический; Л – лабораторный; Н – непрерывный; П – периодический.

Результаты исследований и их обсуждение

В соответствии с требованиями [9] автоматизированному контролю подвергается технологический процесс, представленный на рисунке 1.

Контроль над показателями процесса реагентной обработки жидких отходов свиного комплекса должен осуществляться непрерывно, поскольку изменение ключевых параметров влияет на продуктивность и безопасность технологических операций. Одним из обязательных объектов наблюдения является объем обрабатываемых отходов с добавлением реактивов, что обусловлено ограниченностью пропускной способности применяемого оборудования.

Необходимо обеспечивать мониторинг нижнего и верхнего пределов уровней жидкой составляющей и осадка, а также вести строгий учёт выпускаемого объёма жидкого продукта. Учитывая установленную продолжительность этапа осаждения во вторичном отстойнике (около 1,5 часов),

целесообразно оснастить установку таймером, подключённым к управляющей панели, который обеспечит открытие затворного клапана автоматически при завершении указанного интервала времени. Дополнительно следует регулярно проводить проверку концентрации взвешенных частиц внутри отстойника; при её отклонении от нормативного показателя интервал осаждения рекомендуется продлить [10].

Частично полученный осадок (до 10 % от общей массы) повторно вводят в процесс перемешивания, причём важно следить за величиной подачи и создаваемым давлением насоса, поскольку именно исходя из этих значений было подобрано соответствующее техническое оборудование. Оставшийся осадок подается в специально отведённое хранилище, где должна вестись фиксация крайних отметок заполнения. Если верхний порог оказывается превышенным, открывается клапан для предотвращения перелива.

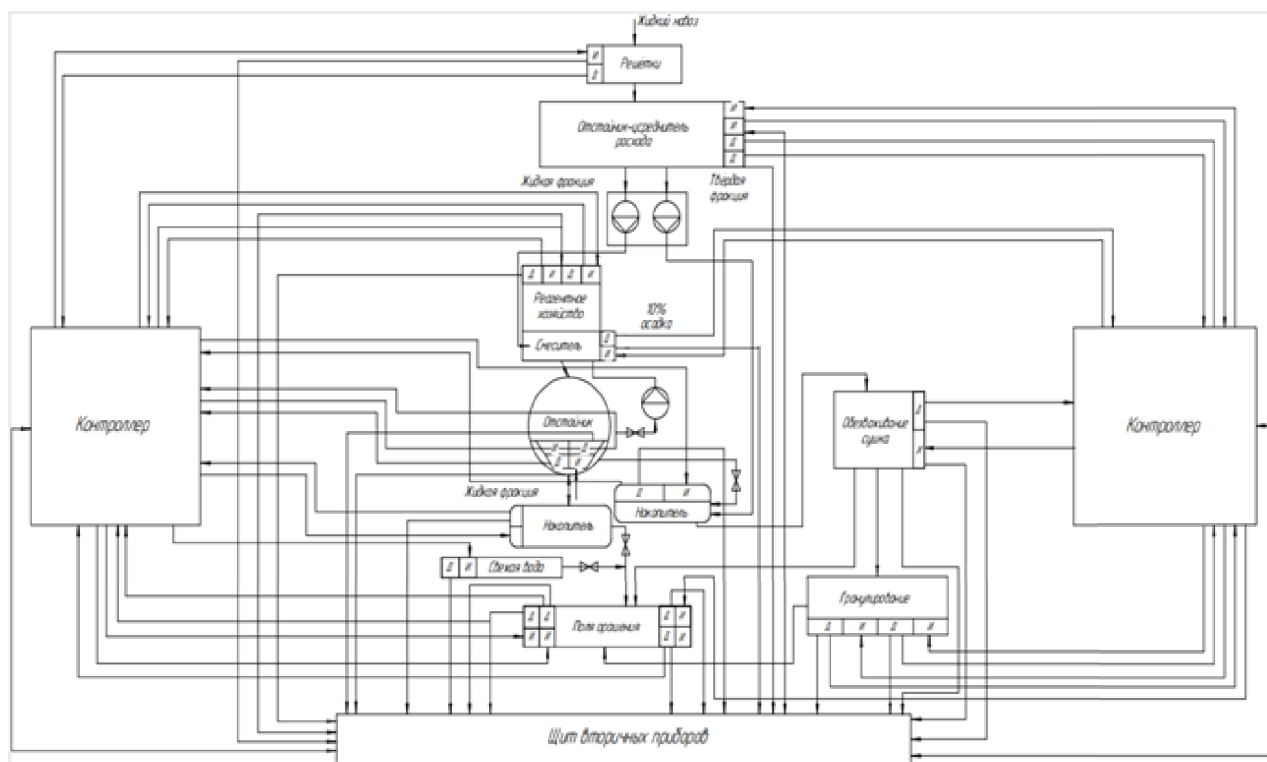


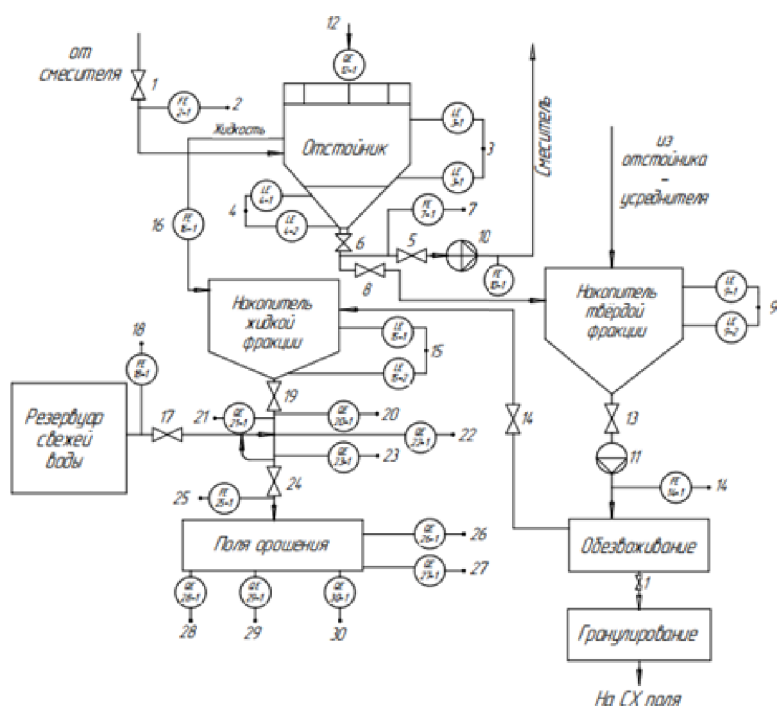
Рис.1 – Схема автоматического контроля технологического процесса реагентной обработки жидких отходов свиного комплекса

Fig.1 – Automatic control scheme for the process of reagent treatment of liquid waste from a pig farm)



Процесс перемещения жидкой фракции из вторичного отстойника в бак накопления также требует постоянного контроля. Внутри накопителя предусмотрено автоматическое управление верхним и нижним уровнями жидкости, так как несоблюдение установленных границ способно привести к его заполнению сверх допустимого предела. Перед транспортировкой жидкости на полив сельскохозяйственных площадей производится проверка концентраций питательных элементов: азота, фосфора, калия. Осуществляя разбавление свежей водой из специального резервуара, дополнительно контролируется подача жидкости. После завершения стадии разбавления проводится замер концентрации азота; если показатель

превышает нормативные требования, трубопровод, ведущий к участкам полива, временно перекрывается для дополнительного разведения. Когда требуемый уровень концентрации достигнет нормативных показателей, раствор направляют на сельскохозяйственные участки, параллельно отслеживая общий расход жидкости. Непосредственно на местах полива ведется наблюдение за содержанием токсичных газов: сероводорода (H_2S), метилмеркаптана аммиака (NH_3); концентрация нитратов (NO_2) поддерживается ниже предельно допустимых значений при нормальной работе установок. На основании исследований разработана функциональная схема автоматизации процесса реагентной обработки (рис.2) [9].



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Приборы местные	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	
Приборы на щите		$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$			$\pi_{\text{ж.л.}}$		$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$			$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$			$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	$\pi_{\text{ж.л.}}$	
Контроль и управление	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сигнали- зация		⊗	⊗	⊗					⊗																					

Рис. 2 – Функциональная схема автоматизации процесса реагентной обработки жидких отходов свиного комплекса: 1,5,6,8,13,14,17,19,24 – задвижки с электроприводом; 10,11 – насосы; 3,4,9,15 – уровнемеры; 2,7,10,14,16,18,25 – расходомеры; 12,20-23,26-30 – датчики концентраций

Fig. 2 – Functional diagram of the automation process for the reagent treatment of liquid waste from a pig farm: 1,5,6,8,13,14,17,19,24 – electric valves; 10,11 – pumps; 3,4,9,15 – level meters; 2,7,10,14,16,18,25 – flow meters; 12,20-23,26-30 – concentration sensors



Оперативный учёт поступления жидких отходов свиного комплекса обеспечивается применением индукционного расходомера MAGFLO («Danfoss»). Расход осадка с показателем влажности 80 % фиксируется устройством UFM 800W VITRA-SONIC FLOWMETER, имеющим рабочую область диапазона от 350 до 1270000 м³/ч и погрешность, не превышающую 3 %.

Непрерывное слежение за уровнем осадка в процессе осаждения и накопления осуществляется электронным индикатором уровня серии ЭИУ, состоящим из блока измерения, датчика, удалённого регистратора уровня и связующего кабеля. Рабочий температурный диапазон прибора – от 250° С, диапазон замеров составляет от 0 до 1000 мм, допускаемая ошибка ±4 мм.

Определение содержания азотистых соединений в жидкости, подаваемой на орошение, осуществляется при помощи ионселективных электродов, размещённых на выходе готового раствора, поступающего на поля.

Регистрация уровня жидкости в емкостях-отстойниках и промежуточных резервуарах выполняется ультразвуковой системой сигнализации моделей «Пульсар Пойнт-600», функционирующей контактно сквозь стенки емкости, или радарным уровнемером BM 700. Эти аппараты обеспечивают регистрацию расстояния, уровня и объема жидкости с пределами замеров от 0,5 до 20 метров и точностью измерения от ±10 мм (0,39 %) до ±0,3 % (при дистанции свыше 3,3 метра). Производитель оборудования: фирма Krohne Meßtechnik GmbH & Co. KG, Германия.

Изменение давления в магистральных трубопроводах перед насосами отслеживается датчиком давления марки «Радон», обладающим классом допустимой погрешности от ±0,2 % до ±0,5 %.

Сбор и обработка информационных потоков от сенсоров, формирование управляющих импульсов осуществляются через модульно настраиваемый сетевой контроллер серии ADAM-5000/485 совместно с цифровым регистратором DISK-250 и модулем выхода сигнала ADAM-402K [11,12].

Заключение

Автоматизация может использоваться для получения данных о работе сооружений реагентной обработки жидких отходов свиного комплекса, контроля основных параметров и возможности оптимизации технологического процесса. Использование средств автоматизации позволит повысить инвестиционную привлекательность представленного способа получения органоминерального удобрения за счет снижения количества используемых реагентов, сокращения производственных и временных затрат, а также повышения эффективности процесса. В результате исследований разработаны и представлены средства автоматизации, обеспечивающие точность измерений и компактность установки. Все функции управления возложены на панельный контроллер, дающий возможность достигнуть лучшее быстроедействие, большую надежность, и позволяющий дальнейшую модернизацию оборудования, вплоть до изменения технологических программ, или расширения средств автоматизации. Автоматизация позволяет эффективно преобразовать жидкие

отходы в ценные ресурсы – органоминеральные удобрения, снижая уровень угроз для окружающей среды и способствуя развитию циклической и устойчивой экономики.

Список источников

1. Kolesnikova, T., Kulikova, M. et al. Ammophos efficiency application for treatment highly concentrated by biogenic elements wastes of agro-industrial complexes // EurAsian Journal of BioSciences. – 2020. - №579.-

DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032108

2. Колесникова, Т., Куликова, М. Анализ процесса коагуляции при реагентном фракционировании жидких отходов свиного комплекса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15, №4, С.55-59, DOI:10.36508/RSATU/2023/71/29/008

3. Патент РФ № 2018131280, 21.11.2019. Способ подготовки сточных вод свиноводческих комплексов для сельскохозяйственного использования // Патент России №2706971. 2018. Бюл. № 33. / Колесникова Т.А., Куликова М.А., Грибунт Е.А., Суржко О.А.

4. Чаусов, Д. Разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом очистки сточных вод / Д. С. Чаусов, М. А. Трушников. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 5 (191). — С. 47-50. — URL: <https://moluch.ru/archive/191/48196/>.

5. Тарасенко, В., Скоробогатенко, Д. Система управления оборотом жидких отходов в регионе // Инженерный вестник Дона. 2021.-№3.-ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2021/ 6843

6. Plazas Alvarado, J., Palma, H. et al. Evaporation automation at the Central de Mielles de Útica, Colombia, for non-centrifugal sugar cane production: Sustainable optimization strategies // Bioresource Technology Reports. -Vol.26, June 2024, 101850, doi. org/10.1016/j.biteb.2024.101850

7. Cairone, S., Hasan, S. et al. Revolutionizing wastewater treatment toward circular economy and carbon neutrality goals: Pioneering sustainable and efficient solutions for automation and advanced process control with smart and cutting-edge technologies // Journal of Water Process Engineering Vol. 63, June 2024, 105486, DOI:10.1016/j.jwpe.2024.105486

8. Lolaeva, A., Zhivchikova, A. et al. Microwave-assisted synthesis of thiazolothiazole-containing conjugated polymers as promising charge-transport materials for perovskite solar cells // Mendeleev Communications. Volume 33, Issue 5, September–October 2023, Pages 682-685. doi.org/10.1016/j.mencom.2023.09.029

9. ГОСТ 21.408-2013. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. М. -2013.-53с.

10. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. 2-е изд., В 2-х т. -Том 1.- М.: Инфра-Инженерия, 2016 -448 с.

11. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии : учебник для вузов / В. В. Троценко, В. К. Федоров, А. И. Забудский, В. В. Комендантов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025.



12. Смирнов, Н. Альбом типовой химической аппаратуры (принципиальные схемы аппаратов) / редакцией Н. Н. Смирнов. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024.-84с.
Н. Н. Смирнов, В. М. Барабаш, К. А. Карпов ; под

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Kolesnikova, T., Kulikova, M. et al. Ammophos efficiency application for treatment highly concentrated by biogenic elements wastes of agro-industrial complexes // *EurAsian Journal of BioSciences*. — 2020. - №579.- DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032108
2. Kolesnikova, T., Kulikova, M. Analiz protsessa koagulyatsii pri reagentnom fraktsionirovanii zhidkikh otkhodov svinokompleksov// *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva*. 2023, T.15, №4, S.55-59, DOI:10.36508/RSATU/2023/71/29/008
3. Patent RF № 2018131280, 21.11.2019. Sposob podgotovki stochnykh vod svinovodcheskikh kompleksov dlya sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya// *Patent Rossii №2706971*. 2018. Byul. № 33./ Kolesnikova T.A., Kulikova M.A., Gribut Ye.A., Surzhko O.A.
4. Chaousov, D. Razrabotka avtomatizirovannoy sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami oshchistki stochnykh vod / D. S. Chaousov, M. A. Trushnikov. — *Tekst : neposredstvennyy // Molodoy uchenyy*. — 2018. — № 5 (191). — S. 47-50. — URL: <https://moluch.ru/archive/191/48196/>.
5. Tarasenko, V., Skorobogatenko, D. Sistema upravleniya oborotom zhidkikh otkhodov v regione// *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2021.-№3.-ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2021/ 6843
6. Plazas Alvarado, J., Palma, H. et.al. Evaporation automation at the Central de Mielles de Útica, Colombia, for non-centrifugal sugar cane production: Sustainable optimization strategies// *Bioresource Technology Reports*.-Vol.26, June 2024, 101850, doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101850
7. Cairone, S., Hasan, S. et.al. Revolutionizing wastewater treatment toward circular economy and carbon neutrality goals: Pioneering sustainable and efficient solutions for automation and advanced process control with smart and cutting-edge technologies// *Journal of Water Process Engineering* Vol. 63, June 2024, 105486, DOI:10.1016/j.jwpe.2024.105486
8. Lolaeva, A., Zhivchikova, A. et.al. Microwave-assisted synthesis of thiazolothiazole-containing conjugated polymers as promising charge-transport materials for perovskite solar cells// *Mendelev Communications* Volume 33, Issue 5, September–October 2023, Pages 682-685. doi.org/10.1016/j.mencom.2023.09.029
9. GOST 21.408-2013. Pravila vypolneniya rabochey dokumentatsii avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov. M. -2013.-53s.
10. Fedorov YU.N. Spravochnik inzhenera po ASUTP: Proyektirovaniye i razrabotka. Uchebno-prakticheskoye posobiye. 2-ye izd., V 2-kh t.-Tom 1.- M.: Infra-Inzheneriya, 2016 -448 s.
11. Sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami i informatsionnyye tekhnologii : uchebnyy dlya vuzov / V. V. Trotsenko, V. K. Fedorov, A. I. Zabudskiy, V. V. Komendantov. — 2-ye izd., ispr. i dop. — Moskva : Izdatel'stvo Yurayt, 2025.
12. Smirnov, N. Al'bom tipovoy khimicheskoy apparatury (printsipial'nyye skhemy apparatov) / N. N. Smirnov, V. M. Barabash, K. A. Karpov ; pod redaktsiyey N. N. Smirnov. — 5-ye izd., ster. — Sankt-Peterburg : Lan', 2024.-84s.

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

Колесникова Татьяна Андреевна, ст. препод. кафедры «Экология и промышленная безопасность», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», tanechka-ko1986@yandex.ru

Куликова Марина Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», my7rskyk@mail.ru

Author Information

Kolesnikova Tatyana A., Senior Lecturer, Department of Ecology and Industrial Safety, South-Russian State Polytechnical University (NPI) named after M.I. Platov, tanechka-ko1986@yandex.ru

Kulikova Marina A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Ecology and Industrial Safety, South-Russian State Polytechnical University (NPI) named after M.I. Platov, my7rskyk@mail.ru

Статья поступила в редакцию 08.08.2025; одобрена после рецензирования 02.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 08.08.2025; approved after reviewing 02.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.



Вестник РГАТУ, 2025, т.17, №3, с.105-113
Vestnik RGATU, 2025, Vol.17, №3, pp.105-113

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.356.4
DOI: 10.36508/RSATU.2025.17.66.014

К ОБОСНОВАНИЮ ПОДКАПЫВАЮЩЕЙ ЧАСТИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН В РФ

Антон Сергеевич Колотов¹, Дмитрий Михайлович Юмаев², Александр Андреевич Кутыраев³✉, Олег Владимирович Филюшин⁴, Александр Игоревич Ушанев⁵

^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹ anton.kolotov.89@mail.ru

² yumaeb@yandex.ru

³ kutyraev@bk.ru

⁴ olegfil93@mail.ru.

⁵ aushaniev@inbox.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования было проведение анализа картофелеуборочных комбайнов и оптимизация использования оборудования, которое напрямую способствует увеличению производственных объемов и более рациональному использованию ресурсов в агросфере.

Методология. В процессе реализации данной исследовательской работы было выполнено глубокое исследование операционных систем картофелеуборочной техники, активно используемой на аграрных угодьях для оптимального сбора урожая. Благодаря адаптации усовершенствованных операционных систем наблюдалось существенное увеличение производительности уборочного процесса.

Результаты. Повышение производительности картофелеуборочных машин обеспечивается путем увеличения эксплуатационной скорости движения агрегата и ширины захвата, при этом немаловажное значение приобретает использование наиболее рациональной технологии подкапывания клубней, которая подразумевает выкапывание минимального количества почвы при уборке картофеля с одновременным крошением подкапываемого клубневого пласта. В условиях полевых испытаний был проведен анализ работы экспериментального лемеха, имеющего ширину 450 мм и радиус закругления в 225 мм, в сравнении с традиционным плоским подкапывающим лемехом шириной 520 мм. Выявлено, что при увеличении ширины лемеха до стандартных размеров на 70 мм масса урожая, подаваемого в устройство для очистки картофеля, возрастает на 20 %.

Выводы. Для минимизации потерь клубней по бокам лемеха необходимо монтировать боковые ограничители, наиболее эффективными из которых являются дисковые элементы. При получении урожая картофеля до 300 центнеров с гектара ширина подкапывающих рабочих органов должна находиться в диапазоне от 0,400 до 0,450 метра. Конфигурация режущего края лемеха должна точно совпадать с формой уровня, на котором располагаются клубни. Рекомендуется применять изменяемый по длине угол наклона режущей поверхности лемеха в процессе разработки подкапывающих рабочих элементов.

Ключевые слова: картофелеуборочные комбайны, производительность, бункер, картофель

Для цитирования: Колотов А.С., Юмаев Д.М., Кутыраев А.А., Филюшин О.В., Ушанев А.И. К обоснованию подкапывающей части картофелеуборочных машин в РФ // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С. 105-113 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.17.66.014>



TO THE JUSTIFICATION OF THE UNDERGROUND PART OF POTATO HARVESTING MACHINES IN THE RUSSIAN FEDERATION

Anton S. Kolotov¹, Dmitry M. Yumaev², Alexander A. Kutyaev³✉, Oleg V. Filyushin⁴, Alexander I. Ushanev⁵

^{1,2,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ anton.kolotov.89@mail.ru

² yumaeb@yandex.ru

³ kutyaev@bk.ru

⁴ olegfil93@mail.ru.

⁵ aushaniev@inbox.ru

Abstract

Problem and purpose. The purpose of this study was to analyze potato harvesters and optimize the use of equipment that directly contributes to an increase in production volumes and a more rational use of resources in the agricultural sector.

Methodology. In the process of implementing this research work, an in-depth study of the operating systems of potato harvesting equipment actively used on agricultural lands for optimal harvesting was carried out. Thanks to the adaptation of improved operating systems, a significant increase in the productivity of the harvesting process was observed.

Results. The conclusions drawn from the analytical review convincingly demonstrate the effectiveness of using advanced models of potato harvesters in order to increase production volumes and the efficiency of agricultural operations. Such conclusions not only support the relevance of introducing innovative approaches to the agricultural sector, but also outline the paths for future progress in the field of agronomic sciences and the mechanization of agricultural processes. The importance of using agrotechnical combines in increasing the efficiency of agricultural production and increasing labor productivity in the agricultural sector was emphasized in the results of a recent study. In addition, the data obtained were carefully processed and analyzed.

Conclusions. The study, based on the collected analytical data, revealed that the increased productive capacity of agricultural machines is due to their ability to effectively process large areas of potato fields. Thus, the use of innovative technologies in the agricultural sector is a key element in increasing production efficiency.

Key words: potato harvesters, productivity, bunker, potatoes

For citation: Kolotov A.S., Yumaev D.M., Kutyaev A.A., Filyushin O.V., Ushanev A.I. To the justification of the underground part of potato harvesting machines in the Russian Federation // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.3, P. 105-113 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.17.66.014>

Введение

Картофелеуборочные комбайны – это специализированные сельскохозяйственные машины, предназначенные для уборки картофеля [1] с полей. Они оснащены различными механизмами и оборудованием, которые позволяют эффективно собирать картофель, отделять его от земли и растительных отходов, очищать и классифицировать по размеру.

Основные компоненты комбайнов картофелеуборочных включают в себя:

1. Подкапывающие органы – обеспечивают срез картофеля с земли и его подъем на конвейер.
2. Конвейер – переносит собранный картофель на следующий этап обработки.
3. Грохот – отделяет картофель от почвы и отходов, таких как камни и сорняки.
4. Щетка – очищает картофель от грязи и остатков растительности.
5. Классификатор – разделяет картофель на

разные размеры, что позволяет упаковывать его в соответствующие контейнеры.

Материалы и методы исследования

Комбайн Рута обладает высокой производительностью, позволяющей быстро и эффективно собрать большой объем картофеля за короткое время. Он оснащен различными регулируемыми параметрами, которые позволяют настроить его для работы в разных условиях и на разных типах почвы.

Рута имеет современную систему управления, которая облегчает процесс работы и повышает ее точность. Кабина оператора оснащена всем необходимым оборудованием и удобствами для комфортной работы.

Комбайн картофелеуборочный Рута [13] является надежным и эффективным инструментом для уборки картофеля, который поможет значительно упростить и ускорить этот процесс в сельском хозяйстве.



Таблица 1 – Технические характеристики комбайна картофелеуборочного (Puma)

Высота выгрузки, м	1.2-4.5
Количество убираемых рядов, шт.	4
Ширина междурядья, см	75-90
Емкость бункера, кг	8000
Ширина переборочного конвейера, мм	900
Шины передние	270/95 R48
Объем топливного бака, л	850
Шины задние	900/60 R32
Скорость разгрузки бункера, т/ч	140
Шины промежуточной оси	235/75 R17.5
Срок службы, лет	8 (исключая рабочие органы)
Габаритные размеры и масса	
Масса, кг	22000
Длина, мм	14500
Ширина, мм	3480
Высота, мм	4000
Длина без ботвоуборочной машины, мм	13000
Масса без ботвоуборочной машины, кг	20900
Двигатель	
Марка	Iveco
Мощность двигателя, кВт	315
Мощность двигателя, л.с.	430
Количество цилиндров двигателя, шт.	6
Система впрыска	Турбо с промежуточным охлаждением
Уровень выбросов	Tier III

Рис. 1 – Комбайн картофелеуборочный Puma
Fig. 1 – Potato harvester Puma

Предназначен для сбора урожая картофеля, одновременной сепарации комков, отделения ботвы и транспортировки. Особенности: низкая травмируемость клубней обеспечивается благодаря полностью обрезиненным металлическим частям в транспортерах, малым ступеням перепада высоты и медленной циркуляции всех разделяющих органов; качественная очистка вороха обеспечивается благодаря системе просеивающих транспортеров; возможность уборки после осадков; универсальность – при дооснащении комбайн можно использовать для уборки овощей, например, свеклы, моркови и подбора лука.

Рис. 2 – Комбайн картофелеуборочный (DR 1500)
Fig. 2 – Potato harvester (DR 1500)

Таблица 2 – Технические характеристики комбайна картофелеуборочного (DR 1500)

DR 1500	
Ширина захвата, м	1.5
Производительность, га/ч	0.7
Емкость бункера, кг	4500
Требуемая мощность, кВт	59
Требуемая мощность, л.с.	80
Полнота сбора клубней, %	98
Чистота вороха клубней, %	85-90
Масса	
Масса, кг	7500



Картофелеуборочный комбайн ККР-2 имеет платформу для наблюдения за процессом работы, чтобы можно было визуально контролировать качество уборки и состояние корнеплодов.

В результате работы данной картофелеуборочной машины в приемном бункере накапливается ворох картофеля, который подлежит дальнейшей обработке при помощи картофелесортировальных машин.



Рис. 3 – Картофелеуборочный комбайн (ККР-2)
Fig. 3 – Potato harvester (KKR-2)

Таблица 3 – Технические характеристики картофелеуборочного комбайна (ККР-2)

ККР-2	
Ширина междурядья, см	75
Ширина захвата, м	1.5
Агрегатируется с трактором	MTЗ-80-82/100-102
Производительность, га/ч	0.35-0.9
Емкость бункера, кг	2000
Габаритные размеры и масса	
Масса, кг	5600
Длина, мм	8600
Высота, мм	6000
Ширина транспортная, мм	3660
Высота, транспортная, мм	3500
Длина, транспортная, мм	8500

Результаты исследований и их обсуждение

Таким образом, было рассмотрено 3 комбайна: 2 импортных комбайна (Puma, DR 1500) и один отечественный комбайн ККР-2.

Puma (Бельгия). С новым самоходным 4-рядным комбайном AVR Puma и после успешного Solanum, AVR выводит на рынок новый 4-рядный комбайн, который отличается мощностью, производительностью в сочетании с простотой. Puma может убирать большую площадь картофеля в день. Puma полностью построен на центральной раме. Это позволяет сохранить полную ширину просеивающих полотен до задней части машины. В последней модели независимые копающие блоки имеют ширину сепарирующего полотна 1450 мм. Оставаясь настолько большим, насколько это возможно, и с четырьмя перемычками одна за другой, Puma обладает исключительной, просеивающей способностью, превосходной производительностью просеивания, что обеспечивает экстраординарную производительность сбора урожая, поэтому у машины больше возможностей, чем у ее предшественника.

Комбайн картофелеуборочный DR 1500 – это специализированная машина, предназначенная для сбора картофеля с полей. Он оснащен различными модулями [7,11] и приспособлениями,

которые позволяют эффективно и быстро собирать картофель и разделить его от почвы и примесей. DR 1500 имеет большую производительность и устойчивость, а также может быть оснащен системой автоматического управления для повышения производительности работы.

Картофелеуборочный комбайн (ККР-2) (Россия) – это машина, специально разработанная для сбора картофеля с поля. Он оснащен различными механизмами [5] и устройствами, которые позволяют эффективно [14] собирать и отделять картофель от почвы и растительных остатков. ККР-2 может быть как самоходным комбайном, так и прикрепленным к трактору. Он облегчает и автоматизирует процесс сбора картофеля, увеличивая производительность и экономию трудовых ресурсов.

Недостаточно высокое качество работы картофелеуборочных машин объясняется, на наш взгляд, в основном тем, что их подкапывающие органы затрагивают наиболее уплотненную почву, менее склонную к сепарации. Поэтому для уменьшения количества земли, поступающей в бункер или транспортное средство, в конструкцию этих машин введены интенсивные сепараторы, которые, к сожалению, дают большой процент повреждения клубней.



Мы считаем, что при создании новых конструкций подкапывающих органов необоснованно забыта форма лемеха, а также не принимаются во внимание исследования твердости почвы и параметры клубневого гнезда в конкретных условиях возделывания картофеля.

Но ведь именно при решении задачи повышения производительности картофелеуборочных машин посредством увеличения эксплуатационной скорости движения агрегата и ширины захвата немаловажное значение приобретает использова-

ние наиболее рациональной технологии подкапывания клубней, которая подразумевает выкапывание минимального количества почвы при уборке картофеля с одновременным крошением подкапываемого клубневого пласта.

Поэтому в программу исследований вошла задача определения зависимости загрузки почвой различных подкапывающих органов, в том числе и стандартного лемеха. В качестве объекта исследований были приняты подкапывающие органы (рис.4), параметры которых сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Форма и основные параметры подкапывающих органов

Наименование подкапывающего органа	Ширина м·10 ⁻³ В	Длина м·10 ⁻³ L	Радиус закругления м·10 ⁻³ R	Угол при вершине град. α_1	Угол входа лемеха в почву град. α_0	Угол входа лемеха в почву град. В
Стандартн. (треугольн.)	520	400	-	110°	-	-
1	370	370	250	-	15°	135°
2	360	360	255	-	6°	115°
3	375	355	250	-	10°	135°
4	380	370	263	-	13° 10'	125°
5	365	360	230	-	9°	140°
6	370	360	235	-	8°	125°
7	375	375	240	-	14° 40'	130°
8	360	360	230	-	10°	110°
9	350	365	215	-	7° 30'	125°
10	370	375	253	-	12°	110°
11	375	380	260	-	6°	130°
12	360	385	240	-	12° 30'	130°
13	400	450	200	-	14°	120°
14	365	380	225	-	13° 10'	115°
15	380	355	255	-	12°	120°
16	370	365	250	-	6°	130°

С целью определения загрузки исследовались площадки поперечных сечений грядок картофеля, подкапываемых лемехами при работе.

Для этого координатной рейкой производилось профилирование поверхности импровизированной грядки до опыта и дна борозды после. Снималось пять профилей для каждого подкапывающего органа.

Определение расстояний от дна борозды до верхнего обреза рейки осуществлялось через каждые 0,05 м с точностью до 0,005 м. Площадь сечения подкапываемой части грядки определяли планиметрированием. Эксперимент проводили в лаборатории при глубине хода лемехов 0,12-0,14 м. Влажность почвы была в пределах 17-22 %.

Общеизвестно, что общая нагрузка на подкапывающий орган складывается из почвы, клубней и ботвы, т.е.

$$P_{об} = P_n + P_{кл} + P_б \quad (1)$$

где P_n – нагрузка от почвы, кг;
 $P_{кл}$ – нагрузка от клубней, кг;
 $P_б$ – нагрузка от ботвы, кг.

Масса почвы, поступающей на лемех, определяется из выражения:

$$P_n = V_{мас} \cdot \gamma_{мас} - V_{кл} \cdot \gamma_{кл} - V_б \cdot \gamma_б \quad (1.1)$$

где $V_{мас}$ – объем массы (почва, ботва, клубни), м³;

$\gamma_{мас}$ – объемный вес массы, кг/м³;

$V_{кл}$ – объем клубней, м³;

$\gamma_{кл}$ – объемный вес клубней, кг/м³;

$V_б$ – объем ботвы, м³;

$\gamma_б$ – объемный вес ботвы, кг/м³.

Если объем клубненоносного пласта, поступающего в машину за единицу времени, представить в виде

$$V_{мас} = i \cdot S \cdot V_m \quad (1.2)$$

то

$$V_{кл} = i \cdot V_m \cdot \frac{b \cdot C_{кл}}{\gamma_{кл}} \quad (1.3)$$

где i – число одновременно подкапываемых грядок картофеля;

V_m – поступательная скорость машины, м/с;

S – поперечное сечение грядки, подкапываемой лемехом, м²;

b – ширина подкапываемого лемехом клуб-



неносного пласта, м;

$C_{кл}$ – урожайность клубней картофеля, кг/м².

Объем ботвы, поступающей в машину за единицу времени, в нашем случае определяется как:

$$V_6 = i \cdot V_m \cdot (b \cdot C_6) / \gamma_6 \quad (1.4)$$

где C_6 – урожайность ботвы картофеля, кг/м².

Подставляя эти зависимости в выражение (1.1), получаем возможность определить нагрузку подкапывающих рабочих органов почвой за единицу времени:

$$P_n = i \cdot S \cdot V_m \cdot \gamma_{\text{мас}} - i \cdot V_m \cdot \frac{b \cdot C_{кл}}{\gamma_{кл}} \cdot \gamma_{кл} - i \cdot V_m \cdot \frac{b \cdot C_6}{\gamma_6} \cdot \gamma_6 = \\ = i \cdot V_m \cdot (S \cdot \gamma_{\text{мас}} - b \cdot C_{кл} - b \cdot C_6) \quad (1.5)$$

Нагрузка от клубней картофеля с учетом урожайности определится:

$$P_{кл} = V_{кл} \cdot \gamma_{кл} \quad (1.6)$$

$$P_{кл} = i \cdot V_m \cdot \frac{b \cdot C_{кл}}{\gamma_{кл}} \cdot \gamma_{кл} = i \cdot V_m \cdot b \cdot C_{кл} \quad \text{кг/с} \quad (1.7)$$

а от ботвы соответственно кг/с

$$P_6 = i \cdot V_m \cdot b \cdot C_6 \quad (1.8)$$

Подставляя найденные значения P_n , $P_{кл}$ и P_6 в уравнение (1), получаем следующую зависимость для определения общей нагрузки на лемех в единицу времени:

$$P_{об} = i \cdot V_m \cdot (S \cdot \gamma_{\text{мас}} - b \cdot C_{кл} - b \cdot C_6) + \\ + i \cdot V_m \cdot b \cdot C_{кл} + i \cdot V_m \cdot b \cdot C_6 = \\ = i \cdot V_m \cdot S \cdot \gamma_{\text{мас}} \quad (1.9)$$

Это выражение показывает зависимость загрузки подкапывающих органов картофелеуборочных машин от площади поперечного сечения грядки, подкапываемой лемехом.

Видно, что с увеличением радиуса величина загрузки лемеха увеличивается. Так, в настоящее время широкое распространение получил плоский лемех, имеющий треугольную форму с выдвинутым вперед носком. В связи с этим данный подкапывающий рабочий орган забирает больше почвы, чем это необходимо по расположению клубней. Из-за отсутствия боковин часть почвы вместе с клубнями осыпается и разваливается по краям лемеха, что вызывает потери клубней. Потери увеличиваются также из-за того, что корни не разрезаются лезвием лемеха, а скользят по его кромке, увлекая за собой почву и клубни.

В условиях полевых испытаний был проведен анализ работы экспериментального лемеха, имеющего ширину 450 мм и радиус закругления в 225 мм, в параллели с традиционным плоским подкапывающим инструментом, шириной 520 мм. Выявлено, что при расширении лемеха до стандартных размеров на 70 мм масса урожая, подаваемого в

устройство для очистки картофеля, возрастает на 20 %. Это связано с тем, что форма рабочей части экспериментального подкапывающего устройства максимально приближена к анатомии картофельных гнезд. Данная особенность конструкции также помогает снизить нагрузку на элементы машины, отвечающие за отделение картофеля от грунта.

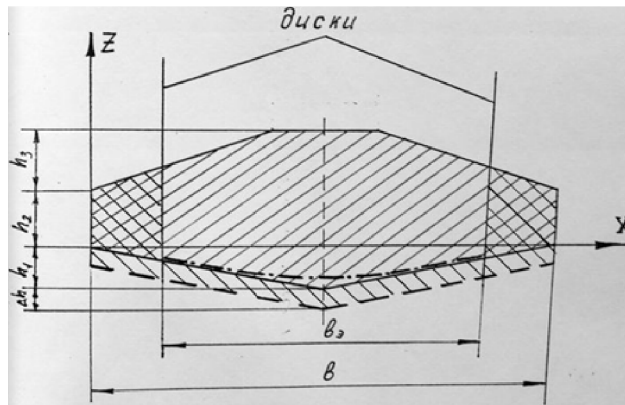


Рис. 4 – Сечение грядки, подкапываемой лемехами:

в – серийным пассивным; в – серийным активным; в3 – экспериментальным.

Fig. 4 - Section of a bed dug with ploughshares: b – serial passive; b – serial active; b3 – experimental.

Заключение

1. Для минимизации риска утраты клубней из-за обрушения почвы и сечения ботвы в промежутках между рядами по бокам от рабочего органа необходимо монтировать боковые ограничители, наиболее эффективными из которых являются дисковые элементы.

2. При получении урожая картофеля в объеме до 300 центнеров с гектара, размеры рабочей части инструмента для подкапывания должны находиться в диапазоне от 0,400 до 0,450 метра.

3. Конфигурация режущего края лемеха должна точно совпадать с формой уровня, на котором располагаются клубни.

4. Рекомендуется применять изменяемый по длине угол наклона режущей поверхности лемеха в процессе разработки подкапывающих рабочих элементов.

Список источников

1. Взаимосвязь характеристик повреждаемости клубней с параметрами технического состояния сельскохозяйственной техники в процессе производства картофеля / Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 74. – С. 197-207. – EDN ONTFTJ.
2. Уменьшение энергетических затрат в сельскохозяйственном производстве (на примере картофеля) / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского госу-



дарственного аграрного университета. – 2016. – № 120. – С. 375-398. – EDN WHGHEX.

3. Перспективы повышения эксплуатационных показателей транспортных средств при внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 78. – С. 227-238. – EDN OXQWSL.

4. Формирование комплекса картофелеуборочных и транспортных машин / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. В. Мачнев, А. А. Голиков // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 2(284). – С. 27-31. – DOI 10.33267/2072-9642-2021-2-27-31. – EDN AACTAF.

5. Перспективная схема картофелеуборочного комбайна с взаимозаменяемыми сепарирующими модулями / И. А. Успенский, Д. А. Волченков, Г. К. Рембалович [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 6. – С. 35-38. – EDN TXOWYR.

6. Технологическое и теоретическое обоснование конструктивных параметров органов вторичной сепарации картофелеуборочных комбайнов для работы в тяжелых условиях / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2012. – № 4(16). – С. 87-90. – EDN PLVONF.

7. Теоретические и практические основы применения современных сепарирующих устройств со встряхивателями в картофелеуборочных машинах / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 89. – С. 488-498. – EDN TJAPKV.

8. Анализ эксплуатационно-технологических требований к картофелеуборочным машинам и показателей их работы в условиях Рязанской области / Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, А. А. Голиков [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2013. – № 1(17). – С. 64-68. – EDN

QUURQZ.

9. Способ контроля скрытых повреждений клубней картофеля / М. Ю. Костенко, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 120. – С. 1166-1187. – EDN WHGHOD.

10. 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.

11. Перспективные направления и технические средства для снижения повреждений клубней при машинной уборке картофеля / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 8. – С. 22-24. – EDN QZLRHD.

12. Повышение надежности технологического процесса и технических средств машинной уборки картофеля по параметрам качества продукции / Т. К. Рембалович, И. А. Успенский, Р. В. Безносюк [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 3. – С. 6-8. – EDN OVXCYP.

13. Инновационные решения вторичной сепарации: результаты испытаний в картофелеуборочных машинах / Р. В. Безносюк, Д. Н. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2011. – № 4(12). – С. 34-37. – EDN OOMNQZ.

14. Теоретические исследования процесса интенсификации первичной сепарации в картофелеуборочных машинах динамическим методом / Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Д. Е. Каширин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 102. – С. 417-431. – EDN TBENKR.

15. 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.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Vzaimosvyaz' kharakteristik povrezhdayemosti klubney s parametrami tekhnicheskogo sostoyaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki v protsesse proizvodstva kartofelya* / G. K. Rembalovich, I. A. Uspenskiy, G. D. Kokorev [i dr.] // *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2011. – № 74. – С. 197-207. – EDN ONTFTJ.

2. *Umen'sheniye energeticheskikh zatrat v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve (na primere kartofelya)* / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy [i dr.] // *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2016. – № 120. – С. 375-398. – EDN WHGHEX.

3. *Perspektivy povysheniya ekspluatatsionnykh pokazateley transportnykh sredstv pri vnutrikhozyaystvennykh perevozkakh plodoovoshchnoy produktsii* / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy [i dr.] // *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo*



agrarного universiteta. – 2012. – № 78. – S. 227-238. – EDN OXQWSL.

4. Formirovaniye kompleksa kartofeleuborochnykh i transportnykh mashin / I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, A. V. Machnev, A. A. Golikov // *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. – 2021. – № 2(284). – S. 27-31. – DOI 10.33267/2072-9642-2021-2-27-31. – EDN AACTAF.

5. Perspektivnaya skhema kartofeleuborochnogo kombayna s vzaimozamenyayemyimi separiruyushchimi modulyami / I. A. Uspenskiy, D. A. Volchenkov, G. K. Rembalovich [i dr.] // *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. – 2015. – № 6. – S. 35-38. – EDN TXOWYR.

6. Tekhnologicheskoye i teoreticheskoye obosnovaniye konstruktivnykh parametrov organov vtorichnoy separatsii kartofeleuborochnykh kombaynov dlya raboty v tyazhelykh usloviyakh / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2012. – № 4(16). – S. 87-90. – EDN PLVONF.

7. Teoreticheskiye i prakticheskiye osnovy primeneniya sovremennykh separiruyushchikh ustroystv so vstryakhivatelyami v kartofeleuborochnykh mashinakh / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy [i dr.] // *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2013. – № 89. – S. 488-498. – EDN TJAPKV.

8. Analiz ekspluatatsionno-tekhnologicheskikh trebovaniy k kartofeleuborochnym mashinam i pokazateley ikh raboty v usloviyakh Ryazanskoy oblasti / G. K. Rembalovich, I. A. Uspenskiy, A. A. Golikov [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2013. – № 1(17). – S. 64-68. – EDN QUURQZ.

9. Sposob kontrolya skrytykh povrezhdeniy klubney kartofelya / M. YU. Kostenko, N. V. Byshov, S. N. Borychev [i dr.] // *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2016. – № 120. – S. 1166-1187. – EDN WHGHOD.

10. Algoritmy sokhraneniya kachestva plodoovoshchnoy produktsii pri uborochno-transportnykh rabotakh / I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, S. V. Kolupayev, K. A. Zhukov // *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. – 2013. – № 12. – S. 12-15. – EDN RPYLRF.

11. Perspektivnyye napravleniya i tekhnicheskiye sredstva dlya snizheniya povrezhdeniy klubney pri mashinnoy uborke kartofelya / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy [i dr.] // *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. – 2013. – № 8. – S. 22-24. – EDN QZLRHD.

12. Povysheniye nadezhnosti tekhnologicheskogo protsessa i tekhnicheskikh sredstv mashinnoy uborki kartofelya po parametram kachestva produktsii / T. K. Rembalovich, I. A. Uspenskiy, R. V. Beznosyuk [i dr.] // *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. – 2012. – № 3. – S. 6-8. – EDN OVXCYP.

13. Innovatsionnyye resheniya vtorichnoy separatsii: rezul'taty ispytaniy v kartofeleuborochnykh mashinakh / R. V. Beznosyuk, D. N. Byshov, S. N. Borychev [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2011. – № 4(12). – S. 34-37. – EDN OOMNQZ.

14. Teoreticheskiye issledovaniya protsessa intensivatsii pervichnoy separatsii v kartofeleuborochnykh mashinakh dinamicheskim metodom / G. K. Rembalovich, M. YU. Kostenko, D. Ye. Kashirin [i dr.] // *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2014. – № 102. – S. 417-431. – EDN TBENKR.

15. Innovatsionnyye resheniya v tekhnologii i tekhnike transportirovki produktsii rasteniyevodstva / I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, S. N. Kulik, D. S. Ryabchikov // *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. – 2013. – № 7. – S. 10-12. – EDN QOYMDF.

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

Колотов Антон Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», anton.kolotov.89@mail.ru

Юмаев Дмитрий Михайлович, канд. техн. наук, ассистент кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», yumaeb@yandex.ru

Кутыраев Александр Андреевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», kutyraev@bk.ru

Филюшин Олег Владимирович, канд. техн. наук, ассистент кафедры технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», olegfil93@mail.ru

Ушанев Александр Игоревич, канд. техн. наук, доцент кафедры технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», aushaniev@inbox.ru



Author Information

Kolotov Anton S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, anton.kolotov.89@mail.ru

Yumaev Dmitry M., Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, yumaeb@yandex.ru

Kutyraev Alexander A., Graduate Student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, kutyraev@bk.ru

Filyushin Oleg V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, olegfil93@mail.ru

Ushanev Aleksandr I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, aushaniev@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 12.06.2025; одобрена после рецензирования 11.08.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 12.06.2025; approved after reviewing 11.08.2025; accepted for publication 15.09.2025.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.363.7
DOI: 10.36508/RSATU.2025.28.39.015

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ ПОТОЧНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ КОМБИНИРОВАННЫХ КОРМОВ С ИСКЛЮЧЕНИЕМ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКИ

Дмитрий Александрович Милько¹✉, Анна Павловна Педченко², Андрей Борисович Чебанов³, Александр Викторович Гвоздев⁴

^{1, 2, 3, 4} ФГБОУ ВО « Мелитопольский государственный университет», г. Мелитополь, Россия

¹ milkodmitry@gmail.com

² annapedchenko2807@gmail.com

³ chebanov-ab@yandex.ru

⁴ gav11gvozdev@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Разнообразие выращиваемых сельскохозяйственных животных предполагает соответствующее разнообразие и предпочтения в рационах кормления. Учитывая достижения зоотехники, необходимо соблюдать принципы интенсификации в процессах сельскохозяйственного производства продукции животноводства. Для интенсивного ведения сельскохозяйственного производства кормовой рацион для каждого вида животных должен содержать определенный необходимый состав питательных веществ. Анализ последних исследований показал, что полнорационные комбинированные корма значительно повышают как молочную, так и откормочную продуктивность животных. Также следует учесть сокращение сроков откорма и снижение расхода корма на 15-20 % в пересчете на единицу произведенной продукции. В.М. Аблаутов установил следующий факт: хорошее качество смешивания кормов увеличивает прирост массы животных на 10 %. Компоненты рациона зачастую имеют разные физико-механические характеристики, что вызывает некоторые сложности в оценке качества приготовления именно комбинированных кормов. Необходимость оценки качества смешивания поточных смесителей вызвана их широкой распространенностью и высокой производительностью. Особенно широко поточные смесители используются в технологических линиях кормления крупного рогатого скота, где применяются компоненты разных размеров и, что важнее, разной влажности.

Методология. Исходя из требований стандартизированного количества проб и методики оценки качества смешивания кормов предлагается оценка качества работы поточных смесителей комбинированных кормов по коэффициенту вариации.

Результаты. Учитывая тот факт, что в основной массе оценки комбинированных кормов (силос, сенаж, концентрированные корма, минеральные добавки) используют величины их исходной и результирующей влажности, нами были использованы методы статистики и теории погрешностей.

Заключение. Представленный подход исключает систематические ошибки, в особенности это касается колебаний влажности смешиваемых компонентов и неравномерности дозирования. Данная методика позволяет объективно оценить качество работы смесителя независимо от условий его работы.

Ключевые слова: качество смешивания, комбикорм, зерносмесь, влажность, кормосмесь, систематическая ошибка

Для цитирования: Милько Д.А., Педченко А.П., Чебанов А.Б., Гвоздев А.В. Оценка качества работы поточных смесителей комбинированных кормов с исключением систематической ошибки // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С.114-119 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.28.39.015>



PERFORMANCE QUALITY EVALUATION OF THE COMBINED FEEDS FLOW MIXER WITH THE EXCEPTION OF A SYSTEMATIC ERROR

Dmitry A. Milko¹✉, Anna P. Pedchenko², Andrey B. Chebanov³, Alexander V. Gvozdev⁴

^{1, 2, 3, 4} Melitopol State University, Melitopol, Russia

¹ milkodmitry@gmail.com

² annapedchenko2807@gmail.com

³ chebanov-ab@yandex.ru

⁴ gav11gvozdev@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The variety of farm animals raised presupposes appropriate diversity and preferences in feeding diets. Taking into account the achievements of animal husbandry, it is necessary to observe the principles of intensification in the livestock products production processes. For intensive agricultural production, the feed ration for each animal species must contain a certain and necessary composition of nutrients. Recent studies have shown that feeding with full-fledged feed increases the animals productivity by 25...30%. Fattening time period is reducing. Feed consumption per unit of output product is reduced by 15 – 20%. Good quality of feed mixing increases the weight gain of animals by 10%, as V.M. Ablautov established. The components of the ration often have different physical and mechanical characteristics, which causes some difficulties in assessing the preparation quality of combined feeds. The need to assess the mixing quality of flow mixers is caused by their widespread use and high productivity. Flow mixers are especially widely used in cattle feeding production lines, where components of different sizes and humidity are used.

Methodology. Based on the requirements of the standardized number of samples and the methodology for assessing the quality of feed mixing, it is proposed to evaluate the quality of operation of in-line mixers of combined feeds by the coefficient of variation.

Results. Taking into account the fact that in the bulk of the evaluation of combined feeds (silage, haylage, concentrated feeds, mineral additives), the values of their initial and resulting moisture are used, we used statistical methods and error theory.

Conclusion. This approach eliminates systematic errors caused by fluctuations in the humidity of the mixed components and dosing errors. This technique allows to objectively evaluate the mixer regardless of its operating conditions.

Key words: mixing quality, combined feed, grain mixture, humidity, feed mixture, systematic error

For citation: Milko D.A., Pedchenko A.P., Chebanov A.B., Gvozdev A.V. Performance quality evaluation of the combined feeds flow mixer with the exception of a systematic error // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.3, P.114-119 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.28.39.015>

Введение

Смесители комбикормов, которые часто изготавливаются в сочетании с измельчителями, входят практически во все линии кормоприготовления животноводческих ферм. Чаще всего смешивают силосно-концентратные компоненты [15].

Показателем для оценки качества смешивания является постоянство заданного рецептурного соотношения λ компонентов – массы сочных кормов m к массе концентрированных кормов M , т. е. соотношение силоса и концентратов, задаваемое выражением

$$\lambda = \frac{m}{M}. \quad (1)$$

Качество процесса смешивания оценивают по коэффициенту вариации, а при смешивании силосно-концентратных компонентов для оценки используют исходные значения влажности компонентов и результирующей влажности смеси. Согласно [8-12], исследования проводят с трехкратной повторностью ($k = 3$) путем отбора 30 проб ($n = 30$).

Коэффициент вариации V равномерности смешивания рассчитывается как процентное отношение стандартных отклонений s к λ среднеарифметическому значению коэффициента давности, т.е.

$$V = 100 \cdot \frac{s}{\lambda}, \quad (2)$$

Погрешность коэффициента вариации для больших объемов выборки, т.е. для $n \geq 30$ выборок, определяется выражением [7]

$$s_v = \frac{v}{\sqrt{2n}} \sqrt{1 + 2 \left(\frac{v}{100} \right)^2}. \quad (3)$$

Практически все нормативные документы и результаты исследований предусматривают только определение коэффициента вариации, и то за одно повторение, без статистической оценки и анализа результатов [1- 6]. Довольно часто исследователи даже используют собственные индикаторы [13, 14].

Материалы и методы исследования

При исследовании качества работы поточных смесителей, как правило, имеют место ошибки си-



стематического характера, которые вызваны погрешностями непостоянства влажности компонентов кормовых смесей наряду с неравномерностью их дозирования. В связи с этим исчезает возможность объективной оценки смесителя, поскольку одна и та же машина, используя корма разных типов силоса и концентрированных кормов, в разных технологических линиях, даже с одинаковыми, но по-разному настроенными дозаторами, будет выдавать разные показатели.

В связи с этим исключение из результатов качественной оценки потоковых смесителей ошибок систематического характера, вызванных колебаниями показателей смешанных компонентов и неравномерной дозировкой при подаче их в смеситель, является целью работы.

Рассмотрим зависимость абсолютной систематической ошибки показателя рецептурного соотношения λ от погрешностей влажности компонентов смеси и дозировки при подаче силоса и концентратов в смеситель.

Влажность w_p смеси, полученной в результате перемешивания, выражается зависимостью

$$w_p = \frac{Mw_c + mw_c}{M+m}, \quad (4)$$

где w_c , w_c – соответственно влажность силоса и концентратов.

Примем к сведению факт (1), получаем

$$w_p = \frac{w_c + \lambda w_c}{1 + \lambda}, \quad (5)$$

откуда

$$\lambda = \frac{w_c - w_p}{w_p - w_c}, \quad (6)$$

Меры центральной тенденции (локализации, положения) и рассеяния выборки, представленные среднеарифметическим коэффициентом давности $\bar{\lambda}$, дисперсией s^2 и стандартным отклонением s , исходя из объема выборки, вычисляются соответственно из выражений, приведенных без поправки Бесселя $\frac{n}{n-1}$, т.е. как для генеральной совокупности

$$\begin{aligned} \bar{\lambda} &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \lambda_j; & s^2 &= \frac{\sum_{j=1}^n (\lambda_j - \bar{\lambda})^2}{n} \\ s &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\lambda_j - \bar{\lambda})^2}{n}}, \end{aligned} \quad (7)$$

где λ_j – значения измерений показателя j -й повторности.

Здесь и далее порядковые значения выборок обозначаются индексом i , а повторности – j .

Результаты исследований и их обсуждение

Для определения абсолютной систематической погрешности $\Delta\lambda_w$ зависимости показателя смеси λ от погрешностей влажности силоса (1) Δw_c и концентрированных кормов Δw_c , выполняется ее дифференцирование по показателям влажности этих компонентов

$$\Delta\lambda_w = \sqrt{\left(\frac{\partial\lambda}{\partial w_c}\right)^2 \cdot (\Delta w_c)^2 + \left(\frac{\partial\lambda}{\partial w_c}\right)^2 \cdot (\Delta w_c)^2}. \quad (8)$$

где $\left(\frac{\partial\lambda}{\partial w_c}\right), \left(\frac{\partial\lambda}{\partial w_c}\right)$ – частные производные рецептурного соотношения по влажности силоса и концентрированных кормов;

$\Delta w_c, \Delta w_c$ – абсолютные погрешности влажности силоса и концентрированных кормов.

Таким образом, после решения частных производных рецептурного соотношения в зависимости от влажности силоса и концентрированных кормов примут вид

$$\begin{aligned} \Delta\lambda_w &= \sqrt{\left(\frac{1}{w_p - w_c}\right)^2 \cdot (\Delta w_c)^2 + \left(\frac{\lambda}{w_p - w_c}\right)^2 \cdot (\Delta w_c)^2} = \\ &= \frac{1}{w_p - w_c} \sqrt{(\Delta w_c)^2 + \lambda^2 \cdot (\Delta w_c)^2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Используя выражение (6), получим в конечном виде абсолютную систематическую ошибку рецептурного состава в зависимости от влажности компонентов

$$\Delta\lambda_w = \frac{1+\lambda}{w_c - w_c} \sqrt{(\Delta w_c)^2 + \lambda^2 \cdot (\Delta w_c)^2}. \quad (10)$$

Процесс дозированной подачи силоса и концентрированных кормов в смеситель сопровождается относительными систематическими ошибками $\delta\lambda_c$ и $\delta\lambda_c$. В абсолютном виде они соответственно составят $\Delta M = \delta\lambda_{dc} \cdot M$ и $\Delta m = \delta\lambda_{dc} \cdot m$. Общая абсолютная систематическая ошибка $\Delta\lambda_o$ рецептурного состава λ смеси от дозирования определяется как погрешность дроби (1) и описывается выражением

$$\Delta\lambda_o = \sqrt{\frac{(\Delta m)^2}{M^2} + \frac{m^2 (\Delta M)^2}{M^4}} = \lambda \sqrt{(\delta\lambda_{dc})^2 + (\delta\lambda_{dc})^2}. \quad (11)$$

Таким образом, общая абсолютная систематическая ошибка рецептурного состава определяется зависимостью

$$\Delta\lambda_{сис} = \sqrt{(\Delta\lambda_w)^2 + (\Delta\lambda_o)^2} \quad (12)$$

Систематическая ошибка коэффициента вариации рассчитывается исходя из формулы (2).

С учетом систематической ошибки показателя рецептурного состава смеси характеристику соотношения компонентов i -ой пробы j -й повторности $\tilde{\lambda}_{ij}$ представим в виде

$$\tilde{\lambda}_{ij} = \lambda_{ij} \pm \Delta\lambda_{сис}. \quad (13)$$

где λ_{ij} – значения замера показателя рецептурного компонента i -ой пробы j -й повторности.

Значение рецептурного соотношения результата повторности составит

$$\tilde{\lambda}_j = \bar{\lambda}_j \pm \frac{\Delta\lambda_{сис}}{\sqrt{n}}, \quad (13)$$

где $\bar{\lambda}_j$ – среднеарифметическое значение j -й повторности проб

$$\bar{\lambda}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_{ij}$$

В выражении (13) второй член многочлена представляет собой систематическую абсолютную ошибку результата j -й повторности (среднего числа проб повторности)



$$\Delta \lambda_j = \frac{\Delta \lambda_{\text{сис}}}{\sqrt{n}}, \quad (14)$$

Среднеквадратическое отклонение рассчитывается выражением (7). Для этого определяются квадраты величин измерений рецептурного соотношения компонентов для проб $\tilde{\lambda}_j$ и результат повторности $\tilde{\lambda}_j$, представленных в (13) и (14) для j-й повторности, как это представлено в формуле

$$\lambda_{ij}^2 = \lambda_j^2 \pm 2 \lambda_j \Delta \lambda_{\text{сис}} \text{ и } \tilde{\lambda}_j^2 = \lambda_j^2 \pm 2 \cdot \Delta \lambda_{\text{сис}} \cdot \frac{\lambda_j}{\sqrt{n}}. \quad (15)$$

Разница квадратов выражений, представленных в (15), примет вид

$$\lambda_j^2 - \tilde{\lambda}_j^2 = (\lambda_j^2 - \lambda_{ij}^2) + 2 \cdot \Delta \lambda_{\text{сис}} \cdot \left(\frac{\lambda_j}{\sqrt{n}} + \lambda_{ij} \right). \quad (16)$$

Поделив обе части уравнения (16) на n, получим

$$\tilde{s}_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_j^2 - \lambda_{ij}^2)}{n} + \frac{2 \cdot \Delta \lambda_{\text{сис}}}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\lambda_j}{\sqrt{n}} + \lambda_{ij} \right). \quad (17)$$

Принимая во внимание многочлен правой стороны выражения (17), можем увидеть, что первая его часть представляет собой дисперсию измеряемых значений (7) j-й повторности, а вторая – абсолютную систематическую ошибку этой дисперсии, а именно

$$\tilde{s}_j^2 = s_j^2 + \Delta s_j^2. \quad (18)$$

Абсолютная систематическая ошибка Δs_j^2 дисперсии s_j^2 j-й повторности составит

$$\Delta s_j^2 = \frac{2 \cdot \Delta \lambda_{\text{сис}}}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\lambda_j}{\sqrt{n}} + \lambda_{ij} \right). \quad (19)$$

Из выражения (18) стандартное отклонение j-й повторности s_j , которое является положительным значением квадратного корня из дисперсии s_j^2 , определяется зависимостью

$$\tilde{s}_j = s_j \pm \frac{\Delta s_j^2}{n \cdot s_j}. \quad (20)$$

где второй член многочлена правой стороны представляет абсолютную систематическую ошибку j-й повторности Δs_j^2 стандартного отклонения s_j , то есть

$$\Delta s_{j\text{сис}} = \frac{\Delta s_j^2}{n \cdot s_j}. \quad (21)$$

Коэффициент вариации j-й повторности, который является процентным соотношением остатка от деления выражений, приведенных в формулах (20) и (13), определяется

$$\tilde{V}_j = V_j \pm \frac{1}{\lambda_j} \sqrt{\left(\frac{\Delta s_j^2}{n \cdot s_j} \right)^2 + \left(\frac{V_j}{100} \right)^2 \cdot \left(\frac{\Delta \lambda_{\text{сис}}}{\sqrt{n}} \right)^2}, \quad (22)$$

где V_j – коэффициент вариации измерений j-й повторности, рассчитанный по формуле (2).

Таким образом, абсолютная систематическая ошибка коэффициента вариации j – й повторности составит

$$\Delta V_{\text{сис}j} = \frac{1}{\lambda_j} \sqrt{\left(\frac{\Delta s_j^2}{n \cdot s_j} \right)^2 + \left(\frac{V_j}{100} \right)^2 \cdot \left(\frac{\Delta \lambda_{\text{сис}}}{\sqrt{n}} \right)^2}. \quad (23)$$

Абсолютная погрешность коэффициента вариации j-й повторности самого смесителя (за исключением влияния систематических ошибок) рассчитывается по формуле

$$\Delta V_{\text{сис}j} = \sqrt{\left[\frac{V_j^2}{2(n-1)} \right] \cdot \left[1 + 2 \left(\frac{V_j^2}{100} \right)^2 \right] - \frac{1}{\lambda_j^2} \left[\left(\frac{\Delta s_j^2}{n \cdot s_j} \right)^2 + \left(\frac{V_j^2 \Delta \lambda_{\text{сис}}}{10^4 \sqrt{n}} \right)^2 \right]}. \quad (24)$$

При необходимости объединения результатов k серий прямых измерений одной и той же физической величины x, представленных в виде $\tilde{x}_1 \pm \Delta x_1, \tilde{x}_2 \pm \Delta x_2 \dots \tilde{x}_k \pm \Delta x_k$, результирующее значение и погрешность определяется зависимостями

$$V_{\text{см}} = \frac{\sum_{j=1}^k q_j V_j}{\sum_{j=1}^k q_j}, \quad \Delta V_{\text{см}} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^k q_j}}, \quad (25)$$

где q_j – статистический вес каждой серии измерений, q_j

k – повторность измерений.

Таким образом, полученные границы доверительного интервала коэффициента вариации представляются выражением

$$V_{\text{см}} - \Delta V_{\text{см}} \leq V \leq V_{\text{см}} + \Delta V_{\text{см}}. \quad (26)$$

Из существующих нескольких формул для вычисления пределов доверительного интервала коэффициента вариации, на наш взгляд, следует использовать выражение, приведенное в [4]. Именно его следует использовать при больших объемах выборки.

$$\frac{V}{1 + z_{\alpha} \cdot s_V} \leq V \leq \frac{V}{1 - z_{\alpha} \cdot s_V}, \quad (27)$$

где z_{α} – односторонний критерий квантиля нормального распределения для принятого уровня значимости α .

Исходя из того, что по выражению (28) границы доверительного интервала коэффициента вариации несимметричны, с помощью пределов, вычисленных по (26) и с помощью выражений (3) и (27), определяется фактическое значение коэффициента вариации и его верхнее и нижнее отклонения, которые также являются несимметричными.

Заключение

Разработанное на основе статистических методов и теории погрешностей исключение систематических ошибок, вызванных колебаниями влажности компонентов и их дозировки, позволяет объективно оценивать качество работы поточных смесителей независимо от условий их эксплуатации. Оценка проводится с использованием требований стандартизированной методики, в частности, количества отобранных проб и оценки смешивания компонентов комбинированных кормов, согласно исходному значению их влажности и результирующей влажности смеси.

Благодарности

Публикация выполнена в рамках научной темы: «FRRS-2023-0019 Повышение эффективности производства зерновой продукции путем внедрения современных методов переработки в условиях научно-производственного центра продовольственной безопасности МГУ».



Список источников

1. Авакимянц Е.В., Гордеев В.В. Физико-механические свойства кормовых добавок для КРС // АгроЭкоИнженерия. 2020. № 3(104). С. 100–108.
2. Брагинец С.В. Совершенствование технологий и технических средств внутрихозяйственного производства полнорационных комбикормов: дис. ... д-ра техн. наук; 05.20.01. Ростов-на-Дону, 2022. 382 с.
3. Бражник Ю.В. Совершенствование конструкции и процесса смешивания в лопастном смесителе с высокоскоростным режимом работы: дис. ... канд. техн. наук; 05.02.13. Белгород, 2017. 195 с.
4. Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных / В. Г. Вольф. – М.: Колос, 1966. – 254 с.
5. Жигжитов А.В. Механизация процессов консервирования и приготовления кормов: Учебно-методическое издание. – Улан-Удэ: Издательство ФГОУВПО «БГСХА им. В.Р.Филиппова», 2008. – 110 с.
6. Использование нетрадиционных кормов в свиноводстве: монография / М.Н. Понедельченко, Г.С. Походня. – Белгород: «Везелица», 2011 – 380 с.
7. Макаров Ю.И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов. Москва: Машиностроение, 1973. 216 с.
8. ОСТ 70.19.2–83 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методика испытаний. Отраслевой стандарт. [дата введения 01.08.1984] / Государственный комитет СССР по производственно-техническому обеспечению

сельского хозяйства. – М.: 1984. – 114 с.

9. Пирожков Д. Н. Обоснование конструктивно-технологических параметров шнекового смесителя непрерывного действия для сухих сыпучих ингредиентов комбикормов: дисс... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 / Пирожков Дмитрий Николаевич / Барнаул, 1999. – 161 с.
10. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками; пер. с польск.; под ред. И.А. Щупляка. Ленинград: Химия, Ленингр. отд-ние, 1975. 384 с.
11. Типовая методика ускоренных испытаний сушилок кормов типа АВМ на надежность М. 29.06389. [дата введения 01.01.1990]. – Дослідницьке: ВНИИМОЖ. – 1989. – 38 с.
12. Фуфачев В. С. Повышение эффективности функционирования комбикормового агрегата путем совершенствования технологического процесса и рабочих органов дозатора : дисс... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 / Фуфачев Вадим Сергеевич / Киров, 2009. – 188 с.
13. Чупшев А.В., Коновалов В.В., Гусев С.В. Экспериментальные исследования смесителя кормов // Нива Поволжья. 2008. № 2(7). С. 69–75.
14. Экспертиза кормов и кормовых добавок: Учебное пособие. — 4-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 560 с.
15. Bratishko V., Milkov D., Achkevych O., Kuzmenko V. Results of experimental studies of process of preparation of feed mixtures with their moistening. Engineering for rural development. Jelgava, 20.-22.05.2020. DOI: 10.22616/ERDev2020.19.TF349.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Avakimyan Ye.V., Gordeyev V.V. Fiziko-mekhanicheskiye svoystva kormovykh dobavok dlya KRS // Agro-Ekologicheskaya. 2020. № 3(104). S. 100–108.
2. Braginets S.V. Sovershenstvovaniye tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv vnutrikhozyaystvennogo proizvodstva polnoratsionnykh kombikormov: dis. ... d-ra tekhn. nauk; 05.20.01. Rostov-na-Donu, 2022. 382 s.
3. Brazhnik YU.V. Sovershenstvovaniye konstruktssii i protsesssa smeshivaniya v lopastnom smesitele s vysokoskorostnym rezhimom raboty: dis. ... kand. tekhn. nauk; 05.02.13. Belgorod, 2017. 195 s.
4. Vol'f V. G. Statisticheskaya obrabotka opytnykh dannykh / V. G. Vol'f. – M.: Kolos, 1966. – 254 s.
5. Zhigzhitov A.V. Mekhanizatsiya protsessov konservirovaniya i prigotovleniya kormov: Uchebnometodicheskoye izdaniye. – Ulan-Ude: Izdatel'stvo FGOU VPO «BGSKHA im. V.R. Filippova», 2008. – 110 s.
6. Ispol'zovaniye netraditsionnykh kormov v svinovodstve: monografiya / M.N. Ponedel'chenko, G.S. Pokhodnya. – Belgorod: «Vezelitsa», 2011 – 380 s.
7. Makarov YU.I. Apparaty dlya smeshivaniya sypuchikh materialov. Moskva: Mashinostroyeniye, 1973. 216 s.
8. OST 70.19.2–83 Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Mashiny i oborudovaniye dlya prigotovleniya kormov. Programma i metodika ispytaniy. Otrasevyy standart. [data vvedeniya 01.08.1984] / Gosudarstvennyy komitet SSSR po proizvodstvenno-tekhnicheskomyu obespecheniyu sel'skogo khozyaystva. – M.: 1984. – 114 s.
9. Pirozhkov D. N. Obosnovaniye konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov shnekovogo smesitelya nepreryvnogo deystviya dlya sukhikh sypuchikh ingrediventov kombikormov: diss... kand. tekhn. nauk: spets. 05.20.01 / Pirozhkov Dmitriy Nikolayevich / Barnaul, 1999. – 161 s.
10. Strenk F. Peremeshivaniye i apparaty s meshalkami; per. s pol'sk.; pod red. I.A. Shchuplyaka. Leningrad: Khimiya, Leningr. otd-niye, 1975. 384 s.
11. Tipovaya metodika uskorennykh ispytaniy sushilok kormov tipa AVМ na nadezhnost' M. 29.06389. [data vvedeniya 01.01.1990]. – Doslidnytskoye: VNIIMOZH. – 1989. – 38 s.
12. Fufachev V. S. Povysheniye effektivnosti funktsionirovaniya kombikormovogo agregata putem



sovershenstvovaniya tekhnologicheskogo protsessa i rabochikh organov dozatora : diss... kand. tekhn. nauk: spets. 05.20.01 / Fufachev Vadim Sergeyevich / Kirov, 2009. – 188 s.

13. Chupshev A.B., Kononov B.V., Gusev C.B. Eksperimental'nyye issledovaniya smesitelya kormov // Niva Povolzh'ya. 2008. № 2(7). S. 69–75.

14. Ekspertiza kormov i kormovykh dobavok: Uchebnoye posobiye. — 4-ye izd., ispr. i dop. — SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2013. — 560 s.

15. Bratishko V., Milko D., Achkevych O., Kuzmenko V. Results of experimental studies of process of preparation of feed mixtures with their moistening. Engineering for rural development. Jelgava, 20.-22.05.2020. DOI: 10.22616/ERDev2020.19.TF349

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

Милько Дмитрий Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой прикладной механики и робототехники, ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», milkodmitry@gmail.com.

Педченко Анна Павловна, канд. экон. наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», annapedchenko2807@gmail.com.

Чебанов Андрей Борисович, канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко, ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», chebanov-ab@yandex.ru

Гвоздев Александр Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры прикладной механики и робототехники, ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», gav11gvozdev@yandex.ru

Author Information

Milko Dmitry A., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Applied Mechanics and Robotics, Professor of the Department of Applied Mechanics and Robotics, Melitopol State University, milkodmitry@gmail.com.

Pedchenko Anna P., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economy, Melitopol State University, annapedchenko2807@gmail.com.

Chebanov Andrey B., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Power Engineering named after Professor I.P. Nazarenko, Melitopol State University, chebanov-ab@yandex.ru

Gvozdev Alexander V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Mechanics and Robotics, Melitopol State University, gav11gvozdev@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 11.07.2025; одобрена после рецензирования 02.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 11.07.2025; approved after reviewing 02.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.37
DOI: 10.36508/RSATU.2025.46.95.016

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НАКЛОННОЙ СТРУИ НА РАЗРУШАЕМОСТЬ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Даниил Сергеевич Михеев¹✉, Алексей Григорьевич Арженовский², Александр Владимирович Шемякин³, Михаил Юрьевич Костенко⁴, Алексей Валерьевич Подъяблонский⁵

^{1,2} ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»
г. Москва, Россия

^{3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

⁵ Академия ФСИН России, г. Рязань, Россия

¹ mikheevdaniils@gmail.com

² arzhenovskii@rgau-msha.ru

³ shem.alex62@yandex.ru

⁴ kostenko.mihail2016@yandex.ru

⁵ podyablonskiy62@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Сельскохозяйственная техника работает в условиях сильного загрязнения, что существенно на ее работоспособность. В процессе работы поверхности техники покрываются разнообразными загрязнениями. Своевременное и качественное удаление загрязнений позволяет повысить эксплуатационную надежность сельскохозяйственной техники, увеличить срок ее службы. Цель исследования – оценить влияние наклона струи на ее растекание на очищаемой поверхности и разрушение загрязнений.

Методология. При столкновении с очищаемой поверхностью происходит разделение струи, при котором поток жидкости распределяется в разные стороны после удара струи о препятствие. Распределение струи определяется углом наклона сопла по отношению к очищаемой поверхности, вязкостью, поверхностным натяжением жидкости и свойствами поверхности. Рассмотрено неупругое разделение струи, при котором кинетическая энергия струи при ударе о поверхность приводит к возрастанию давления, причем чем резче снижается скорость струи, тем выше давление. В результате на очищаемой поверхности образуется тонкая пленка жидкости, которая уносит загрязнения.

Результаты. С изменением угла наклона разделение струи меняется, и в зоне удара струи остаются частицы загрязнений, которые снижают эффективность воздействия струи, демпфируя ударный импульс. Установлено, что с увеличением азимутального угла величина толщины пленки на расстоянии 0,05 м от центра удара струи на очищаемой поверхности уменьшается. Таким образом большая часть объемного расхода перемещается в направлении наклонной струи и смывает загрязнения, отделенные в результате воздействия струи.

Заключение. При струйной мойке происходит механический удар струи по очищаемой поверхности, в результате повышения давления в зоне контакта возрастают нормальные и касательные напряжения в загрязнениях, что приводит к разрушению и размыву. Высокое давление при контакте струи с очищаемой поверхностью приводит к растеканию жидкости к периферии с учетом распределения давления наклонной струи на очищаемой поверхности.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, загрязнения, очистка, удар струи, разделение струи

Для цитирования: Михеев Д.С., Арженовский А.Г., Шемякин А.В., Костенко М.Ю., Подъяблонский А.В. Исследования влияния наклонной струи на разрушаемость загрязнений // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С. 120-125 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.46.95.016>



RESEARCH OF THE INFLUENCE OF AN INCLINED JET ON THE DESTRUCTIONABILITY OF POLLUTIONS

Daniil S. Mikheev¹✉, Alexey G. Arzhenovsky², Alexander V. Shemyakin³, Mikhail Yu. Kostenko⁴, Alexey V. Podyablonsky⁵

^{1,2} Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

^{3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

⁵ Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia

¹ mikheevdaniils@gmail.com

² arzhenovskii@rgau-msha.ru

³ shem.alex62@yandex.ru

⁴ kostenko.mihail2016@yandex.ru

⁵ podyablonskiy62@mail.ru

Abstract.

Problem and goal. Agricultural machinery operates in conditions of heavy pollution, which significantly affects its performance. During operation, the surfaces of the machinery are covered with various contaminants. Timely and high-quality removal of contaminants improves the operational reliability of agricultural machinery and increases its service life. The purpose of the study is to evaluate the effect of the jet inclination on its spreading on the cleaned surface and the destruction of contaminants.

Methodology. When colliding with the cleaned surface, the jet is divided, in which the liquid flow is distributed in different directions after the jet hits an obstacle. The distribution of the jet is determined by the angle of the nozzle in relation to the cleaned surface, viscosity, surface tension of the liquid and the properties of the surface. Inelastic jet division is considered, in which the kinetic energy of the jet upon impact with the surface leads to an increase in pressure, and the sharper the speed of the jet decreases, the higher the pressure. As a result, a thin film of liquid is formed on the cleaned surface, which carries away contaminants.

Results. With a change in the angle of inclination, the jet separation changes, and particles of dirt remain in the jet impact zone, which reduce the effectiveness of the jet by damping the impact pulse and crushing the particles of dirt. It was found that with an increase in the azimuth angle, the film thickness at a distance of 0.05 m from the center of the jet impact on the surface being cleaned decreases. Thus, most of the volume flow moves in the direction of the inclined jet and washes away the dirt separated as a result of the jet impact.

Conclusion. During jet washing, a mechanical impact of the jet on the surface being cleaned occurs, as a result of the increase in pressure in the contact zone, normal and tangential stresses in the dirt increase, which leads to destruction and erosion. High pressure during contact of the jet with the surface being cleaned leads to the spreading of the liquid to the periphery, taking into account the pressure distribution of the inclined jet on the surface being cleaned.

Key words: agricultural machinery, pollution, cleaning, jet impact, jet division

For citation: Mikheev D.S., Arzhenovsky A.G., Shemyakin A.V., Kostenko M.Yu., Podyablonsky A.V. Research of the influence of an inclined jet on the destructibility of pollution // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.2, P. 120-125. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.46.95.016>

Введение

Сельскохозяйственная техника работает в условиях сильного загрязнения, что существенно на ее работоспособность. Сельскохозяйственная техника работает в довольно напряжённых и тяжёлых условиях, не очень продолжительный период времени года, составляющий примерно 10-15%. Однако интенсивность эксплуатации такой техники значительно выше, чем в других отраслях народного хозяйства. В процессе работы поверхности техники покрываются разнообразными загрязнениями. Такие загрязнения под воздействием внешней среды могут образовывать на поверхности сельскохозяйственной техники различные отложения, отличающиеся по плотности. Как правило, они приводят к коррозии и ухудшают эксплуатационные свойства оборудования и машин, служащих для производства продукции сельского

хозяйства. Своевременное и качественное удаление загрязнений позволяет повысить эксплуатационную надёжность сельскохозяйственной техники, увеличить срок ее службы. Важной операцией при подготовке техники к длительному режиму хранения является очистка.

Загрязнения можно условно разделить по виду и характеру образования [3]:

1. Слабосвязанные составляют около 56% (почва и растительные остатки).

2. Среднесвязанные составляют около 32% (технологические загрязнения, масляно-грязевые отложения).

3. Сильносвязанные составляют около 12% (продукты коррозии, остатки минеральных удобрений и ядохимикатов).

В настоящее время распространена очистка сельскохозяйственной техники от загрязнений с



помощью струйных технологий: гидроструйная очистка, абразивно-струйная обработка [1,2,5]. Гидроструйная очистка использует воду под давлением до 200 бар. Абразивно-струйная обработка включает несколько способов пескоструйную (сухую) и гидроабразивную обработки.

Эффективность струйной очистки оценивается по качеству очистки, производительности, воздействию на материал очищаемых поверхностей и экономическую эффективность способа очистки [4]. Основным критерием является качество очистки. Эффективный процесс стабильно достигает требуемую степень очистки. Производительность характеризуется скоростью очистки, которая измеряется в площади очищаемой поверхности за единицу времени. Производительность определяется величиной давления, чем выше давление, тем выше скорость очистки. Очистка не должна повреждать очищаемые поверхности, особенно лакокрасочные покрытия. Экономическая эффективность определяется стоимостью расходных материалов и энергии, трудоемкостью (затратами на оплату труда), экологическими затратами и затратами на безопасность, которые определяются утилизацией отходов и затратами на средства индивидуальной защиты.

Анализом распределения загрязнений на сельскохозяйственной технике, установлено, что большую часть от площади всей поверхности составляют слабо- и среднесвязанные загрязнения. При своевременной очистке и обеспечении необходимых условий хранения сильносвязанные загрязнения редко образуются. Поэтому для текущей эксплуатации эффективно применять гидроструйную очистку водой с давлением до 200 бар.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим факторы, влияющие на эффективность гидроструйной очистки. Давление оказывает значительное влияние на качество очистки, чем выше давление, тем выше кинетическая энергия струи, тем выше качество очистки.

Производительность определяется мощностью компрессора и конструкцией сопла. Также важным фактором является квалификация оператора для обеспечения технологии мойки, а также поддержания расстояния и угла наклона сопла по отношению к очищаемой поверхности. Угол и расстояние сопла позволяют контролировать ударный импульс струи, обеспечивать отвод загрязнений из зоны очистки и исключать риск повреждения очищаемой поверхности.

При столкновении с очищаемой поверхностью происходит разделение струи, при котором поток жидкости распределяется в разные стороны после удара струи о препятствие. Распределение струи определяется углом наклона сопла по отношению к очищаемой поверхности, вязкостью, поверхностным натяжением жидкости и свойствами поверхности.

Рассмотрим неупругое разделение струи, при котором кинетическая энергия струи при ударе о поверхность приводит к возрастанию давления, причем чем резче снижается скорость струи, тем выше давление. Высокое давление при контакте

струи с очищаемой поверхностью приводит к растеканию жидкости к периферии с учетом распределения давления наклонной струи и трения на очищаемой поверхности. В результате на очищаемой поверхности образуется тонкая пленка жидкости, которая уносит загрязнения.

Рассчитаем параметры растекающейся пленки - толщину h и скорость растекающейся пленки $V_{пл}$ на некотором радиусе r от точки контакта струи. Расход жидкости струи Q , на основании закона сохранения массы равен расходу жидкости через боковую поверхность пленки. Примем следующие допущения:

1. Струя под углом α ударяется о плоскую очищаемую поверхность.
2. Происходит неупругое разделение струи.
3. Пренебрегаем вязкостью жидкости и трением об очищаемую поверхность.
4. Разделение струи зависит от азимутального угла θ .
5. При взаимодействии струи с очищаемой поверхностью возникает сложная структура течения. Для упрощения считаем, что, струя "впрыскивается" в плёнку с импульсом.

Рассмотрим разделение наклонной струи при ударе об очищаемую поверхность (рис. 1).

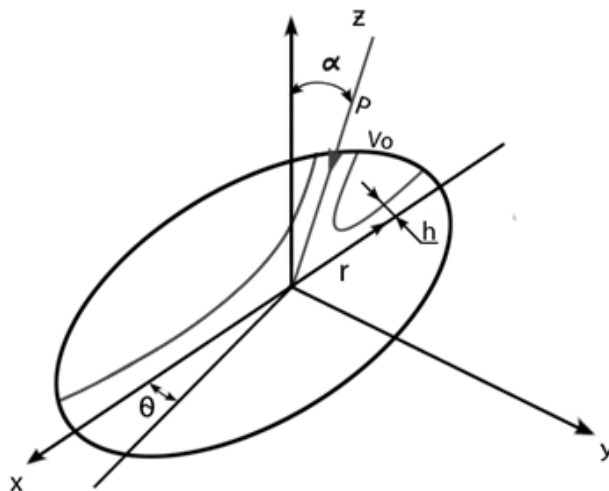


Рис. 1 – Расчетная схема к оценке параметров разделение струи при ударе об очищаемую поверхность

Fig. 1 – Calculation scheme for assessing the parameters of jet separation upon impact with the surface being cleaned

При движении разделенной струи (пленки) на очищаемой поверхности на нее действует сила инерции и сила сопротивления, вызываемая коэффициентом гидравлического трения λ . Запишем уравнение равновесия микроструи, используя принцип Даламбера.

$$\Phi - F_{\text{сопр}} = 0 \quad (1)$$

где Φ – сила инерции микроструи, Н;
 $F_{\text{сопр}}$ – сила сопротивления микроструи, Н.
Микроструйка при ударе с изменением направ-



ления обладает определенной инерцией [6]

$$\Phi = \frac{m \cdot \Delta V}{\Delta t} \cdot (1 + \cos \theta \cdot \sin \alpha) = \frac{s \cdot r \cdot \rho \cdot (V_0 - V_1)}{\Delta t} \cdot (1 + \cos \theta \cdot \sin \alpha) \quad (2)$$

где m – масса микроструйки, кг;

s – поперечное сечение микроструйки, м^2 ;

r – расстояние, которое проходит струя за текущее время, м;

ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\Delta V = (V_0 - V_1)$ – изменение скорости, $\text{м}/\text{с}$;

Δt – время удара микроструйки об очищаемую поверхность, с;

α – угол наклона струи к нормали очищаемой поверхности, град;

θ – азимутальный угол, град.

Учитывая малую величину времени удара, можно принять, что расстояние, которое проходит струя, будет выглядеть

$$\Phi = s \cdot \rho \cdot (V_0 - V_1)^2 \cdot (1 + \cos \theta \cdot \sin \alpha) \quad (3)$$

Тогда сила инерции микроструйки определится выражением [8]

$$F_{\text{сопр}} = P_{\text{гт}} \cdot S \quad (4)$$

Сила сопротивления микроструйки при гидравлическом трении (при движении вдоль очищаемой поверхности)

$$F_{\text{сопр}} = P_{\text{гт}} \cdot S \quad (5)$$

где $P_{\text{гт}}$ – давление при контакте струи с очищаемой поверхностью, Па;

S – площадь распределенной струи (площадь кольца распределения), м^2 ;

Тогда давление при контакте струи с очищаемой поверхностью [6,7,9]

$$P_{\text{гт}} = \lambda \frac{r \cdot V^2 \cdot \rho}{8 \cdot R} \quad (6)$$

где R – гидравлический радиус микроструйки, м. Гидравлический радиус микроструйки равен

$$R = \frac{r \cdot \theta \cdot h}{r \cdot \theta + 2h} \quad (7)$$

где h – высота микроструйки (толщина пленки жидкости на очищаемой поверхности), м.

Скорость микроструйки определится исходя из элементарного расчета

$$V = \frac{4 \cdot q}{r \cdot \theta \cdot h} \quad (8)$$

где q – объемный расход микроструйки, $\text{м}^3/\text{с}$;

V – скорость микроструйки на очищаемой поверхности, $\text{м}/\text{с}$;

r – расстояние микроструйки от точки удара (радиус), м;

h – высота микроструйки (толщина пленки жидкости на очищаемой поверхности), м.

Объемный расход Q микроструйки определяется выражением [8]

$$q = \frac{Q \cdot \theta}{2 \cdot \pi} \quad (9)$$

С учетом выражения (9) скорость микроструйки определится выражением

$$V = \frac{2 \cdot Q}{\pi \cdot r \cdot h} \quad (10)$$

Площадь распределенной струи (площадь кольца распределения)

$$S = 2 \pi \cdot r \cdot h \quad (11)$$

Окончательно сила сопротивления микроструйки при гидравлическом трении (при движении вдоль очищаемой поверхности) запишется в виде

$$F_{\text{сопр}} = \lambda \frac{Q^2 \cdot \rho \cdot (r \cdot \theta + 2h)}{2 \cdot \pi \cdot h^2 \cdot r \cdot \theta} \quad (12)$$

Тогда, уравнение равновесия микроструйки запишется в виде

$$s \cdot \rho \cdot (V_0 - V_1)^2 \cdot (1 + \cos \theta \cdot \sin \alpha) = \lambda \frac{Q^2 \cdot \rho \cdot (r \cdot \theta + 2h)}{2 \cdot \pi \cdot h^2 \cdot r \cdot \theta} \quad (13)$$

Выразим величину высоты микроструйки (толщины пленки жидкости на очищаемой поверхности) из выражения

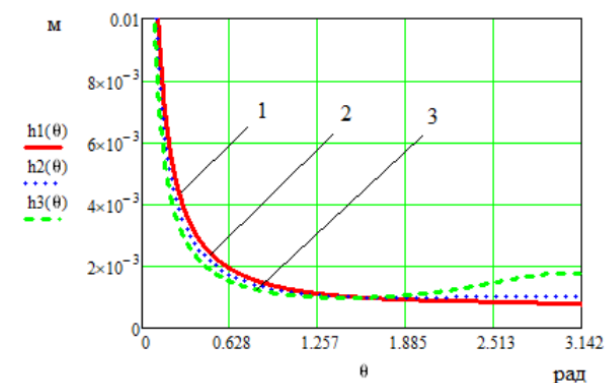
$$h = \frac{\lambda \cdot Q^2}{4 \cdot \pi \cdot s \cdot r \cdot \theta \cdot (V_0 - V_1)^2 \cdot (1 + \cos \theta \cdot \sin \alpha) + 2 \sqrt{\lambda^2 \cdot Q^4 - 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot s \cdot r^3 \cdot \theta^2 \cdot Q^2 \cdot (V_0 + V_1)^2 \cdot (1 + \cos \theta \cdot \sin \alpha)}} \quad (14)$$

Результаты исследований и их обсуждение

Построим в программе Mathcad график зависимости высоты микроструйки (толщины пленки жидкости на очищаемой поверхности) от азимутального направления при разделении струи, задавшись следующими параметрами: $Q=0,01111 \text{ м}^3/\text{с}$; $\lambda=0,032$; $s=0,0064 \text{ м}^2$; $r=0,05 \text{ м}$; $V_0=7,6 \text{ м}/\text{с}$; $V_1=1,5 \text{ м}/\text{с}$.

Анализ рисунка 2 показал, что с увеличением азимутального угла величина толщины пленки на расстоянии 0,05 м от центра удара струи на очищаемой поверхности уменьшается. Таким образом большая часть объемного расхода перемещается в направлении наклонной струи и смывает загрязнения, отделенные в результате воздействия струи. С уменьшением угла наклона разделение струи меняется, и в зоне удара струи остаются частицы загрязнений, которые снижают эффективность воздействия струи, демпфируя ударный импульс что, приводит к измельчению частиц загрязнений.

Экспериментальными исследованиями Г. А. Ларионова, С. Ф. Краснова, Л. Ф. Литвина установлено, что при размыве почвенных частиц важное значение имеет угол наклона струи, так при угле наклона до 40° происходит повышение интенсивности размыва почвенных частиц [10]. При струйной мойке происходит механический удар струи по очищаемой поверхности, в результате повышения давления в зоне контакта возрастают нормальные и касательные напряжения в загрязнениях, что приводит к разрушению и размыву загрязнений.



1 - угол наклона струи к нормали очищаемой поверхности $\alpha=0,8$ рад, 2 - угол наклона струи к нормали очищаемой поверхности $\alpha=0,5$ рад, 3 - угол наклона струи к нормали очищаемой поверхности $\alpha=0,3$ рад

Рис. 2 – Изменение высоты микроструи (толщина пленки жидкости на очищаемой поверхности) от азимутального угла

1 - angle of inclination of the jet to the normal of the surface being cleaned $\alpha=0.8$ rad, 2 - angle of inclination of the jet to the normal of the surface being cleaned $\alpha=0.5$ rad, 3 - angle of inclination of the jet to the normal of the surface being cleaned $\alpha=0.3$ rad

Fig. 2 - Change in the height of the microjet (thickness of the liquid film on the surface being cleaned) from the azimuth angle

Закключение

При неупругом разделении струи кинетическая энергия возрастает при увеличении давления. Высокое давление при контакте струи с очищаемой поверхностью приводит к растеканию жидкости к периферии с учетом распределения давления наклонной струи и трения на очищаемой поверхности. В результате на очищаемой поверхности образуется тонкая пленка жидкости, которая уносит загрязнения. Установлено, что с увеличением азимутального угла величина толщины пленки на расстоянии 0,05 м от центра удара струи на очищаемой поверхности уменьшается. Таким образом большая часть объемного расхода перемещается в направлении наклонной струи и смывает загрязнения, отделенные в результате воздействия струи.

Список источников

1. Андрияшкин, О. И. Классификация технологий мойки поверхностей автомобилей / О. И. Андрияшкин, С. В. Вараксин // Вестник науки. – 2025.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Andryushkin, O. I. Klassifikatsiya tekhnologiy moyki poverhnostey avtomobilej / O. I. Andryushkin, S. V. Varaksin // Vestnik nauki. – 2025. – T. 4, № 5(86). – S. 1543-1552. – EDN HYGNVW.

2. Denisov, V. A. Teoreticheskie predposylki intensivifikatsii gidrodinamicheskoy ochistki naruzhnykh poverhnostey mashin / V. A. Denisov, YU. V. Kataev, A. V. Korneev // Tekhnicheskij servis mashin. – 2024. – T. 62, № 4. – S. 64-69. – DOI 10.22314/2618-8287-2024-62-4-64-69. – EDN UEHAHW.

– Т. 4, № 5(86). – С. 1543-1552. – EDN HYGNVW.

2. Денисов, В. А. Теоретические предпосылки интенсификации гидродинамической очистки наружных поверхностей машин / В. А. Денисов, Ю. В. Катаев, А. В. Корнеев // Технический сервис машин. – 2024. – Т. 62, № 4. – С. 64-69. – DOI 10.22314/2618-8287-2024-62-4-64-69. – EDN UEHAHW.

3. Латышенко, М. Б. Теоретические основы повышения эффективности струйной очистки сельскохозяйственной техники / М. Б. Латышенко, А. В. Шемякин, Н. М. Тараканова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2010. – № 11. – С. 45-46. – EDN MWKWKD.

4. Новиков, Н. М. Теоретические аспекты воздействия кавитационной струи на загрязнение / Н. М. Новиков, Т. Р. Кукушкина, А. В. Шемякин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 108-116. – DOI 10.36508/RSATU.2022.46.73.013. – EDN AMZGCM.

5. Обработка поверхности струйными методами / С. Н. Полянский, С. В. Бутаков, В. А. Александров, И. С. Ольков // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 12(142). – С. 43-47. – EDN VCMELJ.

6. Петров Н. А. О влиянии кинематики потока на пропускную способность некоторых сооружений // Гидравлика водопропускных дорожных сооружений : тр. 2-й Всесоюз. науч.-техн. конф. Киев, 1969. С. 274–279.

7. Площадь факела распыла форсунки и давления струи при мойке молочного оборудования / А. И. Завражнов, С. В. Дьячков, В. Ю. Ланцев, П. А. Матушкин // Наука в центральной России. – 2022. – № 1(55). – С. 20-26. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-1-20-26. – EDN NEZJZA.

8. Султан, К. С. К расчету распределения расхода струи жидкости / К. С. Султан // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2010. – № 1. – С. 71-79. – EDN MQRHXV.

9. Теоретическое исследование технологии мойки сельскохозяйственной техники вращающимися струями / А. В. Кирилин, А. В. Шемякин, В. В. Терентьев [и др.] // Наука в центральной России. – 2019. – № 5(41). – С. 49-60. – DOI 10.35887/2305-2538-2019-5-49-60. – EDN AQVYDW.

10. Экспериментальная оценка механизма размыва в начальной стадии формирования оврага / Г. А. Ларионов, С. Ф. Краснов, Л. Ф. Литвин [и др.] // Геоморфология и палеогеография. – 2023. – Т. 54, № 2. – С. 97-104. – DOI 10.31857/S2949178923010085. – EDN GQFSMY.



3. Latyshenok, M. B. Teoreticheskie osnovy povysheniya effektivnosti strujnoj ochistki sel'skoho z'jazstvennoj tekhniki / M. B. Latyshenok, A. V. SHemyakin, N. M. Tarakanova // *Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya*. – 2010. – № 11. – S. 45-46. – EDN MWKWKD.
4. Novikov, N. M. Teoreticheskie aspekty vozdejstviya kavitacionnoj strui na zagryaznenie / N. M. Novikov, T. R. Kukushkina, A. V. SHemyakin // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2022. – T. 14, № 1. – S. 108-116. – DOI 10.36508/RSATU.2022.46.73.013. – EDN AMZGCM.
5. Obrabotka poverhnosti strujnymi metodami / S. N. Polyanskij, S. V. Butakov, V. A. Aleksandrov, I. S. Ol'kov // *Agrarnyj vestnik Urala*. – 2015. – № 12(142). – S. 43-47. – EDN VCMELJ.
6. Petrov N. A. O vliyanii kinematiki potoka na propusknuyu sposobnost' nekotoryh sooruzhenij // *Gidravlika vodopropusknyh dorozhnyh sooruzhenij* : tr. 2-j Vsesoyuz. nauch.-tekhn. konf. Kiev, 1969. S. 274–279.
7. Ploshchad' fakela raspyla forsunki i davleniya strui pri moyke molochnogo oborudovaniya / A. I. Zavrazhnov, S. V. D'yachkov, V. YU. Lancev, P. A. Matushkin // *Nauka v central'noj Rossii*. – 2022. – № 1(55). – S. 20-26. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-1-20-26. – EDN NEZJZA.
8. Sultan, K. S. K raschetu raspredeleniya raskhoda strui zhidkosti / K. S. Sultan // *Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*. – 2010. – № 1. – S. 71-79. – EDN MQPHXV.
9. Teoreticheskoe issledovanie tekhnologii moyki sel'skoho z'jazstvennoj tekhniki vrashchayushchimisya struyami / A. V. Kirilin, A. V. SHemyakin, V. V. Terent'ev [i dr.] // *Nauka v central'noj Rossii*. – 2019. – № 5(41). – S. 49-60. – DOI 10.35887/2305-2538-2019-5-49-60. – EDN AQVYDW.
10. Eksperimental'naya ocenka mekhanizma razmyva v nachal'noj stadii formirovaniya ovraga / G. A. Larionov, S. F. Krasnov, L. F. Litvin [i dr.] // *Geomorfologiya i paleogeografiya*. – 2023. – T. 54, № 2. – S. 97-104. – DOI 10.31857/S2949178923010085. – EDN GQFSMY.

Contributions of the authors:

All authors contributed equally to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Информация об авторах

Михеев Даниил Сергеевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», mikheevdaniils@gmail.com

Арженовский Алексей Григорьевич д-р. техн. наук, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», arzhenovskii@rgau-msha.ru

Шемякин Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», university@rgatu.ru

Костенко Михаил Юрьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», kostenko.mihail2016@yandex.ru

Подъяблонский Алексей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы, ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний», podyablonskiy62@mail.ru

Author Information

Mikheev Daniil S., Postgraduate Student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, mikheevdaniils@gmail.com

Arzhenovsky Aleksey G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Machine and Tractor Fleet Operation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, arzhenovskii@rgau-msha.ru

Shemyakin Aleksandr V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, university@rgatu.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. Kostychev, kostenko.mihail2016@yandex.ru

Podyablonsky Alexey V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Logistics of the Penal Enforcement System, Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service, podyablonskiy62@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.08.2025; одобрена после рецензирования 11.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 12.08.2025; approved after reviewing 11.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.37

DOI: 10.36508/RSATU.2025.49.77.017

РАСШИРЕНИЕ АРСЕНАЛА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТЕЙНЕРНОГО МЕТОДА ПЕРЕВОЗКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Алла Анатольевна Панова¹✉, Иван Александрович Юхин², Михаил Александрович Рязанцев³, Алексей Анатольевич Голиков⁴

¹ Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, г. Рязань, Россия

^{2,3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹ panova.pgs@gmail.com

² yuival@rambler.ru

³ ryazancev_ma@mail.ru

⁴ golikov.rgatu@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Эффективность производства растениеводческой продукции связана с множеством ключевых факторов. При этом степень их влияния на конечный результат носит изменчивый характер. Качественный урожай, собранный с минимальными потерями и оптимальными трудовыми и финансовыми затратами, необходимо максимально бережно доставить до конечной точки. В зависимости от вида продукции будет меняться и весь технологический процесс – начиная от режимов и условий транспортировки груза и заканчивая применяемым комплексом технических средств. В настоящее время наиболее эффективным по показателю сохранности является тарный метод перевозки. При этом не стоит забывать о рациональном подборе тары в зависимости от физико-механических свойств груза. Для легкоповреждаемой продукции (томатов, яблок и прочего) серийные ящики и контейнеры обеспечат повышенные показатели потери товарного качества плодов. И в этом случае более рациональным решением будет применение специализированной транспортной тары.

Методология. Аналитическая информация была получена из открытых источников – портала Федеральной службы государственной статистики Росстат. Показания виброускорений в ходе эксперимента регистрировались при помощи мобильного цифрового устройства с предустановленным программным обеспечением. Сравнивали показания при перевозке груза в серийной таре и разработанном контейнере (Контейнер для перевозки плодоовощной продукции, № 217289). В качестве транспортного средства использовали фургоны Ford Transit.

Результаты. Серийная транспортная тара показала себя удовлетворительно при осуществлении перевозки яблок по дорогам общего пользования на скоростях до 55 км/ч. При скорости до 90 км/ч значения виброускорений нередко выходили за рамки безопасного диапазона, что способствовало получению плодами механических повреждений. Разработанный контейнер в схожих условиях показал себя эффективнее – значения виброускорений на скорости до 5 км не превышали 1,5 g, а на скорости до 90 км/ч зарегистрированы лишь отдельные случаи (причина их появления – неудовлетворительные дорожные условия). На дорогах без твердого покрытия (грунтовая дорога) серийная тара по контролируемым параметрам также уступала специализированному варианту.

Заключение. Сравнительные испытания серийной и разработанной транспортной тары показали преимущества последней. При этом было установлено, что доля плодов с механическими повреждениями снизилась в 1,7-2 раза в относительном исчислении. Разработанный контейнер показал свою эффективность при использовании как на внутрихозяйственных перевозках (по грунтовым дорогам), так и на дальние расстояния (дороги общего пользования).

Ключевые слова: контейнер, транспортное средство, механические повреждения, динамическая нагрузка, виброускорения

Для цитирования: Панова А.А., Юхин И.А., Рязанцев М.А., Голиков А.А. Расширение арсенала технических средств для контейнерного метода перевозки сельскохозяйственной продукции // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С.126-131 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.49.77.017>



EXPANSION OF THE ARSENAL OF TECHNICAL MEANS FOR THE CONTAINER METHOD OF TRANSPORTATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Alla A. Panova¹✉, Ivan A. Yukhin², Mikhail A. Ryazantsev³, Alexey A. Golikov⁴

¹ Ryazan Institute (branch) Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

^{2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ panova.pgs@gmail.com

² yuival@rambler.ru

³ ryazantsev_ma@mail.ru

⁴ golikov.rgatu@yandex.ru

Abstract.

The problem and the goal. The efficiency of crop production is related to a variety of key factors. However, the degree of their influence on the final result is variable. To ensure the highest quality of crops, it is crucial to harvest them with minimal losses and optimal labor and financial resources, and then transport them to their final destination with the utmost care. The entire technological process, from the transportation modes and conditions to the use of technical equipment, will depend on the type of product. Currently, the most effective method for preserving crops is the use of containers. However, it is important to choose the right containers based on the physical and mechanical properties of the cargo. For easily damaged products (tomatoes, apples, and others), standard crates and containers will result in increased loss of fruit quality. In this case, the use of specialized transport containers is a more efficient solution.

Methodology. Analytical information was obtained from open sources – the Federal State Statistics Service Rosstat portal. The vibration acceleration readings were recorded during the experiment using a mobile digital device with pre-installed software. The readings were compared when transporting cargo in a standard container and a developed container (Container for transporting fruit and vegetable products, No. 217289). Ford Transit vans were used as the vehicle.

Results. Serial transport containers have proven to be satisfactory when transporting apples on public roads at speeds up to 55 km/h. At speeds up to 90 km/h, the vibration acceleration values often exceeded the safe range, which contributed to mechanical damage to the fruits. The developed container proved to be more effective under similar conditions – vibration acceleration values at speeds up to 5 km did not exceed 1.5 g, and only isolated cases were recorded at speeds up to 90 km/h (the reason for their occurrence was unsatisfactory road conditions). On unpaved roads (gravel roads), the standard container was also inferior to the specialized version in terms of controlled parameters.

Conclusion. Comparative tests of serial and developed transport containers showed the advantages of the latter. It was found that the proportion of fruits with mechanical damage decreased by 1.7-2 times in relative terms. The developed container proved to be effective in both intra-farm transportation (on dirt roads) and long-distance transportation (on public roads).

Key words: container, vehicle, mechanical damage, dynamic load, vibration acceleration

For citation: Panova A.A., Yukhin I.A., Ryazantsev M.A., Golikov A.A. Expansion of the arsenal of technical means for the container method of transportation of agricultural products // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.3, P. 126-131 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.49.77.017>

Введение

Производству сельскохозяйственной продукции характерны большие объемы транспортных работ: начиная от доставки на поле семян, удобрений и пестицидов и заканчивая вывозом урожая с поля к месту его хранения или переработки [1]. Учитывая масштабы аграрного сектора РФ, речь, в конечном счете, идет о млн т-км ежегодно [2]. В качестве примера рассмотрим итоги производства с/х продукции в РФ за последние два года (табл. 1).

Для большинства грузов, представленных в таблице 1, характерен метод перевозки навалом. При этом в качестве подвижного состава будут применяться транспортные средства с саморазгружающимися кузовами. Для легкоповреждае-

мой продукции наиболее рациональным методом является тарный, с использованием ящиков и контейнеров (вместимость которых исчисляется от нескольких килограммов до тонны).

Как в первом, так и во втором случаях при выполнении транспортных работ необходимо соблюдать регламентированные требования (перечень требований и соответствующие им характеристики индивидуальны для каждого продукта и установлены ГОСТом или ТУ). При этом наибольшее внимание, особенно при внутрихозяйственных перевозках, уделяется сохранности груза [4].

При соблюдении условий погрузочно-разгрузочных работ наибольшее влияние на сохранность груза оказывает уровень динамических нагрузок при выполнении транспортных работ [5].

Таблица 1 – Реализация с/х продукции по категориям хозяйств РФ, млн т [3]

Продукт	Хозяйства всех категорий		в том числе:					
	2022	2023	С/х организации		Хозяйства населения		КФХ и ИП	
			2023	2024	2023	2024	2023	2024
Зерно злаковых и бобовых культур	108,73	105,75	78,16	78,47	0,65	0,66	29,92	26,62
Семена и плоды масличных культур	26,31	25,02	19,33	18,03	0,03	0,03	6,95	6,96
Свекла сахарная	47,99	42,59	43,25	38,32	0,03	0,02	4,71	4,25
Картофель	6,53	6,60	2,93	3,12	1,89	1,75	1,71	1,74
Овощи	7,31	7,35	3,66	3,68	1,08	1,09	2,57	2,58
Плоды, ягоды и орехи	2,09	2,09	1,28	1,30	0,57	0,50	0,23	0,28
Виноград	0,65	0,72	0,47	0,53	0,05	0,05	0,13	0,14
Бахчевые культуры (арбузы и дыни продовольственные)	0,90	0,94	0,10	0,09	0,40	0,42	0,40	0,43

Динамические нагрузки – это нагрузки, которые быстро меняются во времени по величине, направлению или точке приложения, вызывая значительные силы инерции. К ним относятся:

- вибрационная;
- ударная;
- подвижная;
- импульсная.

Динамические нагрузки присутствуют как при перевозке груза навалом, так и при использовании тары, но в разной мере воздействуют на объект (перевозимый продукт) [6]. Так, к примеру, в работах Заводнова В.С. был рассмотрен вопрос повреждения яблок при их транспортировке от действия вибрационных нагрузок [7].

Установлено, что наибольшему негативному воздействию, вызванному вибрационными нагрузками, подвержены плоды, расположенные на самом дне контейнера [7, 8]. Следовательно, чем выше значения амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) колебаний и длительность их

протекания, тем вероятнее, что груз получит механические повреждения. Зная безопасный диапазон АЧХ, можно существенно снизить потери при транспортировке [8].

Для снижения количества плодов с механическими повреждениями при транспортировке могут быть реализованы различные мероприятия вплоть до внесения изменений в конструкцию самого ТС. Менее сложным в техническом плане является применение демпфирующих устройств и материалов (как в конструкции кузовов, так и транспортной тары). Ниже в качестве примера использования для перевозки яблок приведен специально разработанный контейнер [7, 8].

Материалы и методы исследования

В статье будет рассмотрен пример перевозки свежесобранных плодов яблони (сорт «Кандиль Орловский») в серийных контейнерах и специализированной таре, основанной на них. Схема разработанной конструкции приведена на рисунке 1, а внешний вид прототипа – на рисунках 2 и 3.

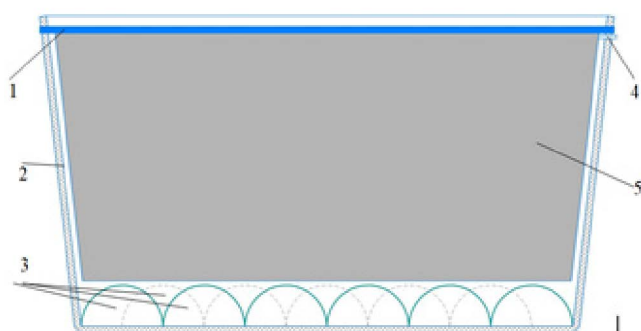


Рис. 1 – Схема контейнера для транспортировки яблок [9]

1 – ось поперечной перегородки; 2 – стенки контейнера; 3 – упругие выступы; 4 – шланг накачки поперечной перегородки; 5 – поперечная перегородка

Fig. 1 – Scheme of the container for transporting apples [9]

1 – axis of the transverse partition; 2 – walls of the container; 3 – elastic protrusions; 4 – hose for pumping the transverse partition; 5 – transverse partition



Рис. 2 – Общий вид контейнера

1 – стенки контейнера; 2 – поперечная перегородка; 3 – упругие выступы на дне контейнера; 4 – приспособление для создания избыточного давления в поперечной перегородке

Fig. 2 – General view of the container

1 – container walls; 2 – transverse partition; 3 – elastic protrusions on the bottom of the container; 4 – device for creating overpressure in the transverse partition

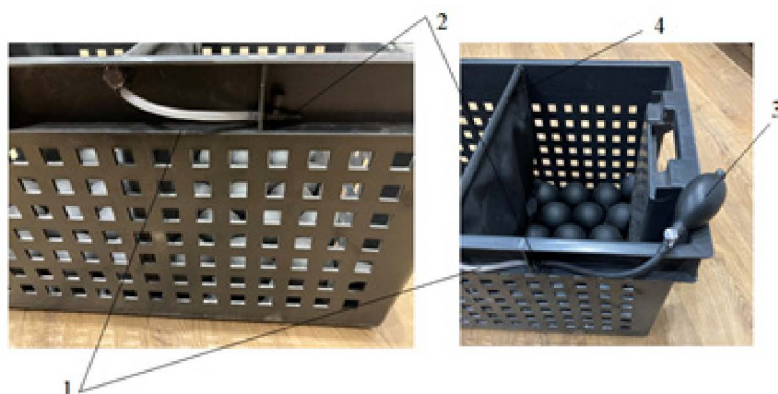


Рис. 3 – Приспособление для создания избыточного давления в поперечной перегородке контейнера
1 – шланг подкачки; 2 – штуцер с запорным устройством; 3 – ручной насос подкачки; 4 – поперечная перегородка.

Fig. 3 – Device for creating overpressure in the container's transverse partition

1 – booster hose; 2 – fitting with a locking device; 3 – manual booster pump; 4 – transverse partition.

Для регистрации АЧХ в рамках эксперимента было использовано портативное цифровое устройство с предустановленным программным обеспечением «Анализ вибрации». В качестве транспортных

средств применялись малотоннажные грузовые автомобили – автофургоны. Испытания проводились как на дорогах с асфальтобетонным покрытием, так и без него (грунтовых дорогах).

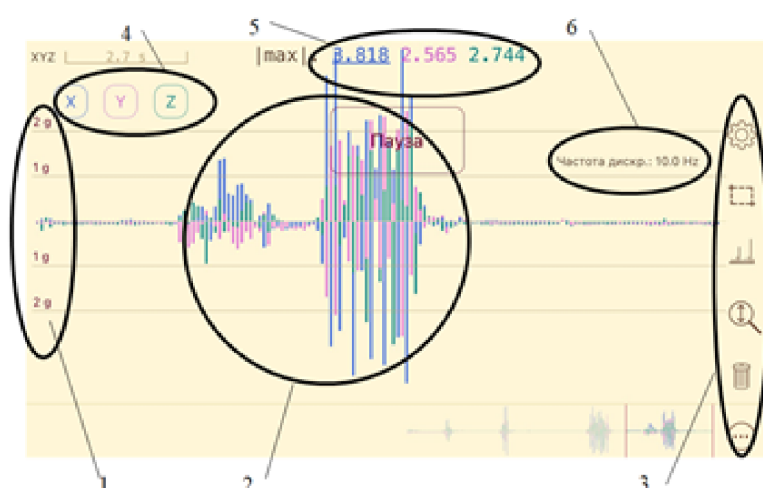


Рис. 4 – Информационный дисплей устройства, регистрирующего АЧХ
1 – вертикальная ось ($g, m/s^2$); 2 – поле визуализации данных; 3 – функциональные кнопки; 4 – координатные плоскости (x – вертикальные колебания; y – горизонтальные колебания; z – поперечные колебания); 5 – пиковые значения; 6 – единица деления горизонтальной оси (Гц)

Fig. 4 – Information display of the frequency response recording device
1 – vertical axis ($g, m/s^2$); 2 – data visualization field; 3 – function buttons; 4 – coordinate planes (x – vertical oscillations; y – horizontal vibrations; z – transverse vibrations); 5 – peak values; 6 – unit of division of the horizontal axis (Hz)

Результаты исследований и их обсуждение

На первом этапе транспортное средство передвигалось по дорогам общего пользования – что и послужило основным критерием в выборе скоростного движения (рисунки 5-6).

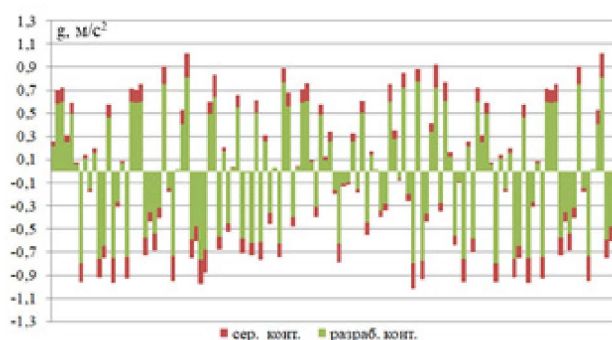


Рис. 5 – Результаты замеров при движении ТС на скорости 55 км/ч по дорогам общего пользования

Fig. 5 – The results of measurements when a vehicle is moving at a speed of 55 km/h on public roads

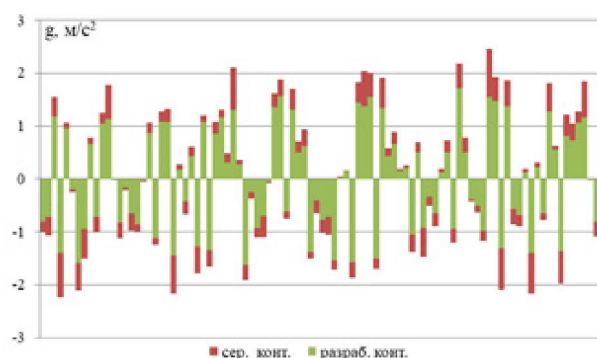


Рис. 6 – Результаты замеров при движении ТС на скорости 85 км/ч по дорогам общего пользования

Fig. 6 – The results of measurements when a vehicle is moving at a speed of 85 km/h on public roads

На рис. 5 отчетливо видно, что плоды в разработанном контейнере не испытывают виброускорения выше безопасного уровня [7, 8], следовательно, риск появления механических по-



вреждений минимален. Эта же ситуация характерна для серийной тары за исключением отдельных случаев (например, наезд ТС на неровности дорожного полотна – выбоину или лежащий полицейский»), но их частота (согласно диаграмме рисунка 5) не дает оснований для существенного роста повреждений яблок.

На рисунке 6 замечен существенный рост виброускорений плодов в таре до небезопасного уровня (свыше 1,5 g), установленного учеными ранее [7, 8]. При этом разница в результатах для разработанного контейнера и серийного становится существеннее и практически не превышает величину в 1,5 g.

Для полноты картины ТС, перевозящие плоды в контейнерах, были испытаны на грунтовых дорогах. Скоростной режим не превышал 30 км/ч, в противном случае величины регистрируемых виброускорений груза выходили за допустимый диапазон значений [7, 8]. Как показывают данные диаграммы (рис. 7), разработанный контейнер по эффективности превышает свой серийный аналог.

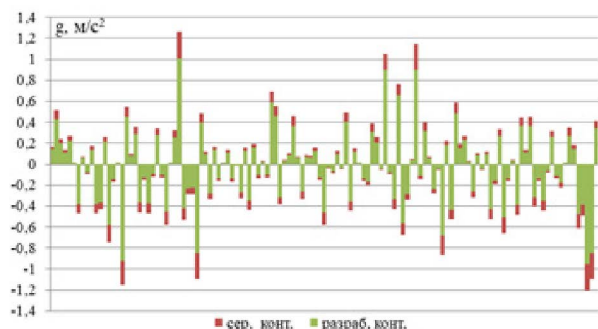


Рис. 7 – Результаты замеров при движении ТС по грунтовой дороге на скорости 30 км/ч

Fig. 7 – The results of measurements when the vehicle is moving on a dirt road at a speed of 30 km/h

В подтверждение предположения об эффективности применения разработанной тары были произведены соответствующие расчеты согласно ГОСТ 34314-2017. Установлено, что доля плодов с механическими повреждениями (от общего объема перевезенных яблок), перевозка которых осуществлялась в серийных контейнерах, составляла от 3,1 до 4,8 % [8], а в специализированных данный показатель – от 1,5 до 2,7 % [8].

Данные показатели были получены для смешанных циклов, когда ТС двигались на разных скоростях и по дорогам с различными типами покрытий. На отдельных этапах расхождение в показателях были более существенными, что в совокупности подтверждает эффективность и целесообразность применения разработанного контейнера для перевозки яблок.

Заключение

Разработанная конструкция контейнера с демпфирующими элементами [9], предназначенная для перевозки легкоповреждаемой продукции, в ходе испытаний зарекомендовала себя с положительной стороны. Снижение диапазона АЧХ колебаний

груза привело к снижению количества плодов, получивших механические повреждения, особенно расположенных у дна транспортной тары. Совокупность простоты изготовления конструкции и ее себестоимости позволит повысить рентабельность контейнерного метода перевозки свежесобранных яблок [10].

Список источников

1. Голдина, И. И. Технологический транспорт в сельском хозяйстве / И. И. Голдина, В. В. Побединский // Агропродовольственная политика России. – 2022. – № 1. – С. 6-11. – EDN ZAYGFR.
- 2/ Сулюкова, Л. Ф. Эволюционный подход к решению транспортной задачи грузоперевозок в сельском хозяйстве / Л. Ф. Сулюкова, П. И. Каландаров, З. И. Ахмеджанова // Международный журнал аграрной науки и образования. – 2024. – № 1(1). – С. 122-131. – EDN ZHONGN.
3. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Росстат [сайт]. — URL: <https://rosstat.gov.ru>.
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. Влияние параметров колебаний автомобиля на повреждение плодоовощной продукции / М. В. Антоненко, И. А. Успенский, А. С. Сивиркина, Н. В. Лимаренко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 198. – С. 1-12. – DOI 10.21515/1990-4665-198-001. – EDN SCRFRL.
6. Снижение повреждений сельхозпродукции при транспортировке / А. А. Усольцев, А. А. Панова, И. А. Юхин, А. А. Голиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – Т. 13, № 3. – С. 106-111. – DOI 10.36508/RSATU.2021.50.53.015. – EDN HCRLII.
7. Заводнов В.С. Исследование физико-механических свойств овощей и фруктов и условий их перевозки в сельском хозяйстве: дис. канд. техн. наук: 05.00.00 / В.С. Заводнов. - Москва, 1967. – 194 с.
8. Панова А.А. Обоснование параметров контейнера для транспортировки яблок: дис. канд. техн. наук по специальности 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса / Панова А.А.. - Рязань, 2025. – 134 с.
9. Патент на полезную модель № 217289 U1 Российская Федерация, МПК B65D 81/03, B65D 85/34. контейнер для перевозки плодоовощной продукции : № 2022131488 : заявл. 01.12.2022 : опубл. 24.03.2023 / А. А. Панова, С. В. Стрыгин, И. А. Успенский [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN JAWTSS.
10. Носков, А. А. Метод оценки эффективности автотранспортных предприятий, осуществляющих контейнерные автомобильные перевозки / А. А. Носков, С. С. Евтюков, И. В. Арифиллин // Транспортное дело России. – 2025. – № 2. – С. 273-277. – EDN CEGDZN.

**Вклад авторов:**

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Goldina, I. I. Technological transport in agriculture / I. I. Goldina, V. V. Pobedinsky // *Agro-food policy of Russia*. – 2022. – No. 1. – pp. 6-11. – EDN ZAYGFR.
- 2/Sulyukova, L. F. An evolutionary approach to solving the transport problem of cargo transportation in agriculture / L. F. Sulyukova, P. I. Kalandarov, Z. I. Akhmedzhanova // *International Journal of Agricultural Science and Education*. – 2024. – № 1(1). – Pp. 122-131. – EDN ZHONGN.
3. The official website of the Federal State Statistics Service Rosstat [website]. — URL: <https://rosstat.gov.ru>.
4. Research of transportation of apples in containers on roads with various surfaces / L. P. Belyu, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin [et al.] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleks: Science and higher professional education*. – 2023. – № 3(71). – Pp. 526-539. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-03-52. – EDN VRZZVV.
5. The influence of car vibration parameters on damage to fruit and vegetable products / M. V. Antonenko, I. A. Uspensky, A. S. Sivirina, N. V. Limarenko // *Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. – 2024. – No. 198. – pp. 1-12. – DOI 10.21515/1990-4665-198-001. – EDN SCRFRL.
6. Reducing damage to agricultural products during transportation / A. A. Usoltsev, A. A. Panova, I. A. Yukhin, A. A. Golikov // *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. – 2021. – Vol. 13, No. 3. – pp. 106-111. – DOI 10.36508/RSATU.2021.50.53.015. – EDN HCRLII.
7. Zavodnov V.S. Investigation of physico-mechanical properties of vegetables and fruits and conditions of their transportation in agriculture: PhD candidate of Technical sciences: 05.00.00 / V.S. Zavodnov. - Moscow, 1967. – 194 p.
8. Panova A.A. Substantiation of the parameters of a container for transporting apples: PhD in Engineering, specialty 4.3.1 Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex / Panova A.A. – Ryazan, 2025. - 134 p.
9. Utility Model Patent No. 217289 U1 Russian Federation, IPC B65D 81/03, B65D 85/34. container for the transportation of fruit and vegetable products : No. 2022131488 : application dated 12/01/2022 : published 03/24/2023 / A. A. Panova, S. V. Strygin, I. A. Uspensky [et al.] ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. – EDN JAWTSS.
10. Noskov A. A., Evtukov S. S., Arifullin I. V. A method for evaluating the effectiveness of motor transport enterprises engaged in container automobile transportation // *Transport business of Russia*. – 2025. – No. 2. – pp. 273-277. – EDN CEGDZN.

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

Панова Алла Анатольевна, преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, panova.pgs@gmail.com

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

Рязанцев Михаил Александрович, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ryazancev_ma@mail.ru

Голиков Алексей Анатольевич, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, golikov.rgatu@yandex.ru

Author information

Panova Alla A., Lecturer at the Department of Industrial and Civil Engineering, Ryazan Institute (branch) Moscow Polytechnic University, panova.pgs@gmail.com

Yukhin Ivan A., PhD. PhD, Professor, Head of the Department of Automotive Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, yuival@rambler.ru

Ryazantsev Mikhail A. postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ryazancev_ma@mail.ru

Golikov Alexey A., PhD. PhD, Associate Professor, Professor of the Department of Automotive Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, golikov.rgatu@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 12.06.2025; одобрена после рецензирования 01.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 12.06.2025; approved after reviewing 01.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.372

DOI: 10.36508/RSATU.2025.12.70.018

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРА БЕЛАРУС-922 ПРИ РАБОТЕ НА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ БИОТОПЛИВАХ

Сергей Александрович Плотников¹✉, Николай Юрьевич Кутергин², Михаил Александрович Стародумов³, Александр Леонидович Бирюков⁴, Павел Юрьевич Малышкин⁵

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия», г. Вологда, Россия

⁵ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

¹ PlotnikovSA@bk.ru

² nik03071983@yandex.ru

³ starodumov_99@mail.ru

⁴ biryukov_alex@mail.ru

⁵ pavelm36@yandex.by

Аннотация.

Проблема и цель исследований – определение количественных значений вредных и токсичных компонентов при механической обработке почвы, осуществленных в условиях эксплуатации на наиболее трудоемкой сельскохозяйственной операции.

Объекты исследований – универсально-пропашной трактор Беларус-922, многокомпонентные смеси товарного топлива с биотопливами.

Методы исследований – полевые испытания. В условиях эксплуатации использовался универсально-пропашной трактор Беларус-922, трехлемешной плуг ПЛН-3-35, унифицированная сцепка, комплект высокоточных приборов, вспомогательное оборудование.

Ход эксперимента. Экспериментальным методом определялось содержание вредных и токсичных составляющих в отработавших газах автотракторного ДВС при выполнении машинно-тракторным агрегатом наиболее трудоемкой сельскохозяйственной операции и использовании в качестве источника энергии многокомпонентных смесей ДТ с биотопливами. Полученные и рассчитанные показатели эксперимента оформлены и представлены в графическом виде.

Результаты и выводы. На основе данных эксперимента зафиксирована возможность применения многокомпонентных смесей ДТ с биотопливами в автотракторном дизеле в качестве источника энергии. Механическая обработка почвы при использовании в качестве источника энергии мультикомпонентных топлив в значительной мере разряжает экологическую ситуацию относительно нежелательных выбросов в окружающую среду.

Ключевые слова: альтернативное топливо, рапсовое масло, этанол, тяговые испытания, экологические показатели, твердые частицы, оксиды азота, углеродсодержащие компоненты

Для цитирования: Плотников С.А., Кутергин Н.Ю., Стародумов М.А., Бирюков А.Л., Малышкин П.Ю. Исследование экологических показателей трактора беларус-922 при работе на многокомпонентных биотопливах // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С. 132-137 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.12.70.018>

Original article

INVESTIGATION OF THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF THE BELARUS-922 TRACTOR WHEN RUNNING ON MULTICOMPONENT BIOFUELS

Sergey A. Plotnikov¹✉, Nikolay Yu. Kutergin², Mikhail A. Starodumov³, Aleksandr L. Biryukov⁴, Pavel Yu. Malyshekin⁵

^{1,2,3} Vyatka State University, Kirov, Russia

⁴ Vologda State Dairy Academy, Vologda, Russia

⁵ Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus



¹ PlotnikovSA@bk.ru

² nik03071983@yandex.ru

³ starodumov_99@mail.ru

⁴ biryukov_alex@mail.ru

⁵ pavelm36@yandex.by

Abstract.

Problem and purpose - determination of the quantitative values of harmful and toxic components during mechanical soil treatment carried out under operating conditions in the most labor-intensive agricultural operation.

The objects of research - universal tractor Belarus-922, multicomponent mixtures of commercial fuels with biofuels.

Methodology – field trials. The Belarus-922 universal row tractor, the PLN-3-35 three-axle plow, a unified coupling, a set of high-precision instruments, and auxiliary equipment were used in the operating conditions. The course of the experiment. The content of harmful and toxic components in the exhaust gases of an automotive internal combustion engine was determined experimentally when the machine-tractor unit performed the most labor-intensive agricultural operation and used multicomponent mixtures of diesel fuel with biofuels as an energy source. The obtained and calculated experimental indicators are designed and presented graphically.

Results and conclusions. Based on experimental data, the possibility of using multicomponent mixtures of diesel fuel with biofuels in an automotive diesel engine as an energy source has been recorded. Mechanical tillage using multi-component fuels as an energy source significantly reduces the environmental impact of unwanted emissions.

Key words: alternative fuels, rapeseed oil, ethanol, traction tests, environmental indicators, solid particles, nitrogen oxides, carbon-containing components

For citation: Plotnikov S.A., Kutergin N.Yu., Starodumov M.A., Biryukov A.L., Malyshkin P.Yu. Study of environmental performance of the Belarus-922 tractor when running on multi-component biofuels // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No.3, P.132-137 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.12.70.018>

Введение

Начало третьего тысячелетия знаменуется небывалым вниманием к возобновляемым, особенно биологическим, топливам. Пригодность окружающей природной среды к здоровому обитанию человеческих ресурсов и животного мира неуклонно снижается, заставляя исследователей ДВС ориентироваться на другие, более приемлемые источники механической и тепловой энергии. И здесь все большая доля отводится источникам, получаемым из растительного сырья, отходов жизнедеятельности организмов, продуктов и остатков переработки различных биоматериалов [1-4].

К настоящему времени в наиболее развитых странах Европы, Азии и Америки уже разработаны и действуют стандарты на биодизельное топливо. В связи со слабой изученностью вопросов применения биотоплив устойчивых стандартов на биотопливо в Российской Федерации пока не существует. Для климатических условий РФ, возможно, подходит Европейский стандарт EN 14214 [5] с поправками, показанными на рисунке 1.

Эволюция конструкции ДВС должна отвечать самым последним требованиям норм охраны окружающей природной среды. Эти нормы определяют требования как к самим ДВС, так и к используемым источникам энергии [6]. Улучшение свойств источников энергии идёт по следующим основным направлениям: совершенствование технологии переработки нефтяного сырья; разработка добавок к топливам; создание новых, более перспективных источников энергии. Направление работ предполагает решение задачи совершенствования технологий с тем, чтобы эти источники энергии отвечали действующим и все ужесточаю-

щимся нормам по охране окружающей среды.

Производством рапсового масла в Республике Беларусь и Российской Федерации занимаются многие хозяйства (рис. 2).

При этом продукты переработки рапса используются на корм скоту, реализуются вовне на различные предприятия, в фирмы некоторых стран Восточной Европы и лишь малая часть используется в энергетических установках транспортных средств в качестве топлива [7].

Актуальность исследований предопределяется значимостью использования мультикомпонентных топлив на основе ДТ и уже опробованных биодобавок при выполнении наиболее распространенных операций, в частности, перевозок сельскохозяйственных грузов, и проведении механической обработки почвы.

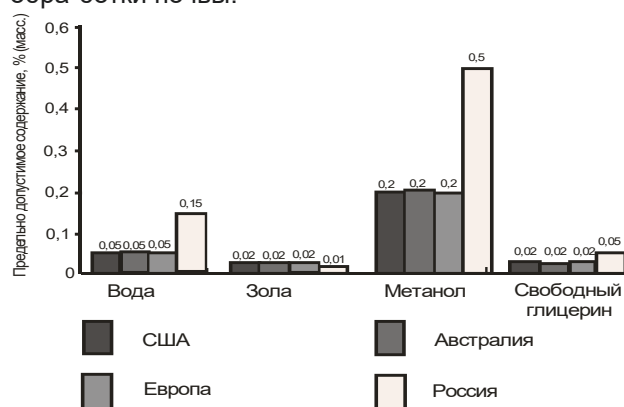


Рис. 1 – Возможные поправки для российского стандарта

Fig. 1 – Possible amendments for the Russian standard



Рис. 2 – Общий вид линии по производству рапсового масла (с-з Слободской, Кировская область, РФ)

Fig. 2 – General view of the rapeseed oil production line (state farm Slobodskoy, Kirov region, RF)

Объекты и методы

Учеными ВятГУ, БГСХА и Вологодской ГМХА были проведены исследования по определению экологических показателей работы дизеля Д-245.5S2 в составе машинно-тракторного агрегата (МТА) на МКСТ [8-10]. Учитывая разночтения и неоднозначность результатов различных исследований, главной целью научной работы явилось определение количественных характеристик экологической составляющей использования МКСТ в качестве источника энергии для наиболее известного колесного трактора. Задачами полевых испытаний стали эмпирическая оценка и контрольная проверка экологических показателей на основе значений эмиссии вредных и токсичных выбросов в продуктах сгорания автотракторного дизеля.

На рисунке 3 показан общий вид МТА. Агрегат объединяет широко известный трактор Беларус-922 и трехлемешной плуг ПЛН-3-35.

Внешние условия при тяговых испытаниях трактора Беларус-922 соответствовали ГОСТ 7057-2001 [11]. Атмосферные данные записывались согласно показаниям ближайшей метеорологической станции. Агротехнический фон измерялся согласно ГОСТ 20915-2011. Усилие на крюке трактора определялось динамометрической автосцепкой с многоканальным измерительным усилителем Spider-8.

До начала испытаний трактор прошел обкатку согласно требованиям завода и к их началу его техническое состояние соответствовало требованиям по эксплуатации. Непосредственно перед работой в поле был осуществлен пуск и прогрев тракторного дизеля до рабочей температуры – 85-95° С, одновременно производился прогрев трансмиссии.

Характеристики шин трактора Беларус-922 отвечали требованиям к машинам соответствующего тягового класса, износ почвозацепов не превышал 18 %. Поддерживалось рекомендуемое давление воздуха – 1,8 кПа спереди и 2,0 кПа сзади.



Рис. 3 – Машинно-тракторный агрегат: трактор Беларус – 922 + плуг ПЛН-3-35

Fig. 3 – Machine and tractor unit: tractor Belarus – 922 + plow PLN-3-35

Моторные и физико-химические свойства ДТ, РМ и Э удовлетворяли требованиям соответствующих ГОСТ и ТУ. Часовой расход мультикомпонентного топлива в каждом исследуемом варианте фиксировался измерительным прибором ДРТ-5 и преобразовывался электронным блоком СКРТ-31 в литровые значения. Оба устройства монтировались в системе питания непосредственно перед нагнетающими агрегатами.



Рис. 4 – Рабочее место оператора МТА

Fig. 4 – Operator's workplace for a MTU

Для обеспечения работы системы питания тракторного дизеля на МКСТ были внесены изменения в ее конструкцию [12]. Исследуемые составы МКСТ включали в первом варианте до 15 % РМ и Э, во втором варианте – до 30 % РМ и Э, каждого. Сравнение полученных данных производилось относительно товарного ДТ. Составы МКСТ приготавливались в дополнительном баке. После прогрева дизеля производилось переключение ЛНД с чистого ДТ на исследуемый состав МКСТ.

Необходимый комплект измерительного оборудования, применяемого в исследованиях, был установлен непосредственно в кабине трактора (рис. 4) и соединен с выпускным трактом дизеля. Дымность отработавших газов (ОГ) измерялась дымометром MDO 2 LON, содержание токсичных



компонентов в ОГ тракторного дизеля фиксировалось автоматическим газоанализатором MGT 5. Все приборы прошли государственную поверку.

Для испытаний был выбран ровный, горизонтальный (с продольным и поперечным уклоном 1 % и 3 % соответственно), прямолинейный участок поля длиной 200 м. Геометрические характеристики участка оценивались визуально. В средней части участка (в режиме наибольшей тяговой мощности на 2 и 3 передачах) измерялся расход топлива за время прохождения трактором 100 м. В начале и в конце участка ставились сдвоенные контрольные вешки высотой 2,0 м. Вспомогательные участки по концам размечались вешками, длина этих участков составляла 50 м. Измерения проводились при поддержании заданного тягового усилия в течении не менее 20 с или времени, необходимого для прохождения расстояния не менее 20 м, в зависимости от того, какое время больше (рис. 5).

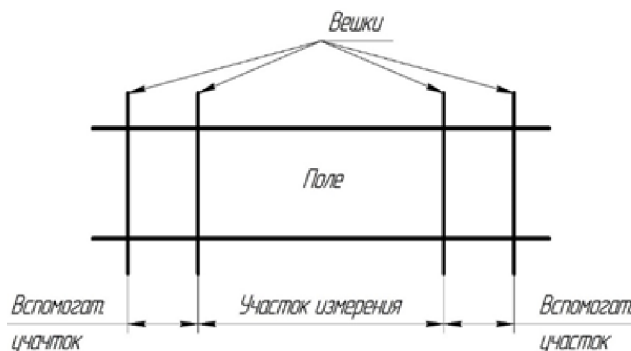


Рис. 5 – Схема разметки поля
Fig. 5 – Field layout scheme

Учитывая заданные изготовителем ограничительные требования по безопасности выполнения отдельных операций, скорость МТА и на подготовительных, и на рабочих переездах не превышала 35 км/ч. Исследования проводились в обоих направлениях движения МТА, при его движении скорость поддерживалась постоянной, остановки исключались.

Данные измерительных приборов записывались и в дальнейшем пересчитывались, после чего наносились на контрольные графики.

Результаты исследований

На основе полученных данных исследований построены зависимости экологических показателей машинно-тракторного агрегата от условий работы (рис. 6).

Установлено, что добавление РМ в смесь приводит к увеличению времени ее сгорания. Это является определяющим фактором уменьшения средней температуры всего процесса. Уровень термических оксидов азота (механизм Зельдовича) весьма чувствителен к температурному и временному фону реакции. Очевидно, оба отмеченных обстоятельства напрямую определяют снижение выбросов NO_x . Одновременно в МКСТ присутствует этанол, вызывающий ускорение процесса сгорания и, соответственно, провоцирую-

щий рост эмиссии NO_x [13]. График (рис. 6) показывает, что имеет место неоднозначное действие спирта – на малых концентрациях (15 %) он оказывает значительный рост NO_x на больших (25 %) его влияние, в сравнении с влиянием РМ, снижается. Также снижается и эмиссия NO_x . Заметно, что на всех скоростных режимах передвижения МТА эмиссия NO_x растет. Так, при движении на третьей передаче первого диапазона ($V = 2,02$ м/с) эмиссия составляет 220 ppm, а при движении на второй передаче второго диапазона при скорости $V = 2,61$ м/с эмиссия уже равна 380 ppm.

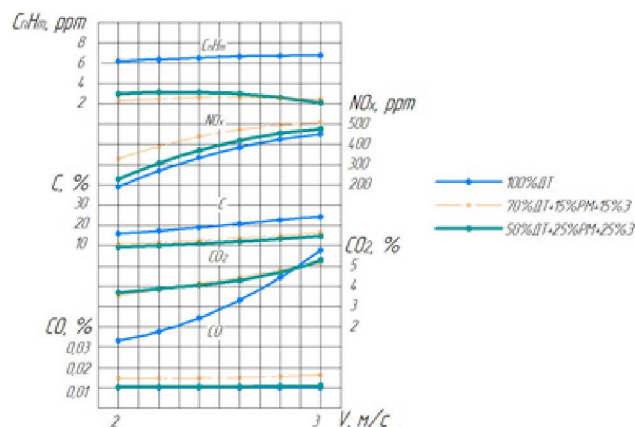


Рис. 6 – Экологические показатели пахотного агрегата

Fig. 6 – Environmental indicators of the arable unit

Учитывая, что присутствие РМ в смеси оказывает преобладающее действие (замедляет время сгорания), можно объяснить снижение выбросов несгоревших углеводородов C_xH_y на всех составах МКСТ и всех скоростях движения МТА. Очевидно, увеличение времени сгорания позволяет разрушить цепи сложных углеводородов, превращая их в простые. Если при работе МТА на чистом ДТ выбросы C_xH_y лежат в пределах 6-7 ppm (при скоростях 2,02-2,61 м/с), то при работе на МКСТ с содержанием биодобавок в 25 % выбросы C_xH_y уже равны 2-3 ppm [14, 15].

Снижение температуры процесса сгорания МКСТ вызывает снижение выбросов твердых частиц сажи на всех скоростях движения МТА и всех составах используемых МКСТ. Так, для чистого ДТ выбросы сажи составляют от 14 % до 27 %, для МКСТ с содержанием 15 % биодобавок – 13-14,4 %, а для МКСТ с содержанием 25 % биодобавок – всего 10-11% в рассматриваемых диапазонах скоростей.

Содержание монооксидов углерода CO в ОГ тракторного агрегата несколько увеличивается, что подтверждает ранее высказанную гипотезу разрушения сложных углеводородных цепей. При этом процентное значение выбросов практически постоянно на всех скоростях движения МТА.

Содержание диоксидов углерода CO_2 в ОГ изменяется крайне неоднозначно. Однако, надо иметь в виду, что этот компонент (углекислый газ) является наименее опасным для человека с физиологической точки зрения [16].



Выводы

Проведённые полевые испытания работы МТА с применением МКСТ подтвердили возможность ее использования для заправки тракторного агрегата и выявили следующие закономерности:

1. Работа тракторного агрегата на МКСТ с присутствием до 25 % биокомпонентов позволяет снизить выбросы твердых частиц сажи в ОГ на 3-16 %.

2. Работа тракторного агрегата на МКСТ с присутствием до 25 % биокомпонентов позволяет снизить выбросы несгоревших углеводородов C_xH_y , практически, в два раза.

3. Концентрация оксидов азота NO_x в ОГ существенно зависит от их происхождения (термические или быстрые) и скорости протекания процесса сгорания.

4. Содержание монооксидов и диоксидов углерода в ОГ неоднозначно. Однако, можно констатировать увеличение полноты сгорания, принимая во внимание процесс разрушения сложных углеводородных цепей.

Список источников

1. Марков, В.А. Спиртовые топлива для дизельных двигателей / В. А. Марков, Н. Н. Патрахальцев // Транспорт на альтернативном топливе, 2009. - № 6. - С. 40-46. <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33384611> EDN: KXVHTJ

2. Марков, В. А. Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания: монография / В. А. Марков, С. Н. Девянин, С. А. Зыков, С. М. Гайдар // Москва : НИЦ «Инженер». 2016. 292 с.

3. Белов, В. М. Применение в дизелях топлива растительного происхождения / В. М. Белов, С. Н. Девянин, О. Н. Слепцов // Вести Моск. гос. агроинж. ун-та. – 2003. – Вып. 4. – С. 15–21.

4. Марков, В. А. Эмульгированные биотоплива для транспортных дизелей / В. А. Марков, В. Г. Камалтдинов, А. Д. Денисов, Л. И. Быковская // Грузовик. 2019. № 12. С. 16–22. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41852051> EDN: MPBFAT

5. DIN EN 14214-2019. Жидкие нефтепродукты. Метилловые эфиры жирных кислот для использования в дизельных двигателях и нагревательных приборах. Требования и методы испытаний. (Введ. в действие 01.05.2019.)

6. Белявцев, А. В. Топливная аппаратура автотракторных дизелей / А. В. Белявцев, А. С. Процев // М.: Росагропромиздат, 1988. – 224 с.

7. Савельев, Г. С. Применение газомоторного и биодизельного топлив в автотракторной технике. – М.: ГНУВИР Россельхозакадемии, 2009. – 216 с.: ил.

8. Плотников, С. А. Исследование работы ав-

тотракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с рапсовым маслом / С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов, А. Н. Карташевич, А. Л. Бирюков // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – №1(25) – С.110-118. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28914482> EDN: YITDAP

9. Плотников, С. А. Оптимизация основных параметров дизеля при его работе на многокомпонентной биотопливной композиции / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Симонов, А. И. Шипин // Тракторы и сельхозмашины, 2022. - № 2. – С. 91-99. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50328323> EDN: GPAYYE

10. Плотников, С. А. Разработка технологий применения нетрадиционных топлив в дизелях / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, Е. Г. Зыков, Н. Ю. Кутергин // Вестник НГИЭИ, 2023. - № 2(141). – С. 7-18. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50499341> EDN: DYYISD

11. ГОСТ 7057-2001. Межгосударственный стандарт. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. (Введ. в действие 01.01.2003.)

12. Система регулирования многотопливного дизеля. Пат. 2565383 Рос. Федерация. № 2014121775/06, заявл. 28.05.2014; опубл. 20.10.2015, Бюл.№29. 4 с.

13. Плотников, С. А. Оценка экологических свойств рапсовых масел для применения в качестве моторного топлива сельскохозяйственного трактора / С. А. Плотников, П. Я. Кантор, И. С. Козлов, М. Н. Втюрина // Инженерные технологии и системы, 2020. – Т. 30. - № 1. – С. 43-59. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42543795> EDN: XPVVRT

14. Лазарев, Е. А. Физические концепции и математические модели процесса сгорания топлива в дизеле / Вестник ЮУрГУ. 2010. №10. С. 32-39. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=14310372> EDN: MBDZXF

15. Марков, В. А. Особенности использования смесевых биотоплив с добавками метилового эфира подсолнечного масла в автотракторном дизеле / В. А. Марков, С. Н. Девянин, С. А. Нагоров [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2022. - № 4. – С. 28-33. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48666814> EDN: MUMMOE

16. Звонов, В. А. Экология: альтернативные топлива с учетом их жизненного цикла / В. А. Звонов, А. В. Козлов, А. С. Теренченко // Автомобильная промышленность. – 2001.- № 4. – С. 10-12. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23798349> EDN: UAUGPD

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Markov, V. A. *Spirtovy'e topliva dlya dizel'ny'x dvigatelej* / V. A. Markov, N. N. Patraxal'cev // *Transport na al'ternativnom toplive*, 2009. - № 6. - S. 40-46. <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33384611> EDN: KXVHTJ

2. Markov, V. A. *Biotopliva dlya dvigatelej vnutrennego sgoraniya: monografiya* / V. A. Markov, S. N. Devyanin, S. A. Zy'kov, S. M. Gajdar // *Moskva : NICz «Inzhener»*. 2016. 292 s.

3. Belov, V. M. *Primenenie v dizelyax topliva rastitel'nogo proisxozhdeniya* / V. M. Belov, S. N. Devyanin, O. N. Slep'cov // *Vesti Mosk. gos. agroinzh. un-ta.* – 2003. – Vy'p. 4. – S. 15–21.

4. Markov, V. A. *E'mul'girovanny'e biotopliva dlya transportny'x dizelej* / V. A. Markov, V. G. Kamaltdinov, A.



D. Denisov, L. I. Bykovskaya // *Gruzovik*. 2019. № 12. S. 16–22. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41852051> EDN: MPBFAT

5. DIN EN 14214-2019. Liquid petroleum products. Methyl esters of fatty acids for use in diesel engines and heating devices. Requirements and test methods. (Introduction. effective 01.05.2019.)

6. Belyavcev, A. V. *Toplivnaya apparatura avtotraktorov dizelej* / A. V. Belyavcev, A. S. Procerov // M.: Rosagropromizdat, 1988. – 224 s.

7. Savel'ev, G. S. *Primenenie gazomotornogo i biodizel'nogo topliv v avtotraktorovoj tekhnike*. – M.: GNU VIM Rossel'hoz akademii, 2009. – 216 s.: il.

8. Plotnikov, S. A. *Issledovanie raboty avtotraktorovogo dizelya 4ChN 11,0/12,5 na smesyah dizel'nogo topliva s rapsovy'm maslom* / S. A. Plotnikov, P. N. Cheremisinov, A. N. Kartashevich, A. L. Biryukov // *Molochnoozyajstvennyj vestnik*. – 2017. – №1(25) – S. 110-118. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28914482> EDN: YITDAP

9. Plotnikov, S. A. *Optimizatsiya osnovnykh parametrov dizelya pri ego rabote na mnogokomponentnoj biotoplivnoj kompozitsii* / S. A. Plotnikov, A. N. Kartashevich, M. V. Simonov, A. I. Shipin // *Trakto-ry i sel'hozmashiny*, 2022. – № 2. – S. 91-99. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50328323> EDN: GPAYYE

10. Plotnikov, S. A. *Razrabotka tekhnologij primeneniya netraditsionnykh topliv v dizelyah* / S. A. Plotnikov, A. N. Kartashevich, E. G. Zykov, N. Yu. Kutergin // *Vestnik NGIEI*, 2023. – № 2(141). – S. 7-18. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50499341> EDN: DYYISD

11. GOST 7057-2001. *Mezhhgosudarstvennyj standart. Traktory sel'skohozyajstvennye. Metody ispytaniy*. (Vved. v dejstvie 01.01.2003.)

12. *Sistema regulirovaniya mnogotoplivnogo dizelya*. Pat. 2565383 Ros. Federatsiya. № 2014121775/06, zayavl. 28.05.2014; opubl. 20.10.2015, Byul.№29. 4 s.

13. Plotnikov, S. A. *Ocenka ekologicheskikh svoystv rapsovykh masel dlya primeneniya v kachestve motornogo topliva sel'skohozyajstvennogo traktora* / S. A. Plotnikov, P. Ya. Kantor, I. S. Kozlov, M. N. Vtyurina // *Inzhenernye tekhnologii i sistemy*, 2020. – T. 30. – № 1. – S. 43-59. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42543795> EDN: XPVNRT

14. Lazarev, E. A. *Fizicheskie koncepcii i matematicheskie modeli processa sgoraniya topliva v dizele* / *Vestnik YuUrGU*. 2010. №10. S. 32-39. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=14310372> EDN: MBDZXF

15. Markov, V. A. *Osobennosti ispol'zovaniya smesevykh biotopliv s dobavkami metilovogo efira podsolnechnogo masla v avtotraktorom dizele* / V. A. Markov, S. N. Devyanin, S. A. Nagorov [i dr.] // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. – 2022. – № 4. – S. 28-33. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48666814> EDN: MUMMOE

16. Zvonov, V. A. *Ekologiya: al'ternativnye topliva s ucheto ih zhiznennogo cikla* / V. A. Zvonov, A. V. Kozlov, A. S. Terenchenko // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. – 2001. – № 4. – S. 10-12. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23798349> EDN: UAUGPD

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

Панова Алла Анатольевна, преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, panova.pgs@gmail.com

Юхин Иван Александрович, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», yuival@rambler.ru

Рязанцев Михаил Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ryazancev_ma@mail.ru

Голиков Алексей Анатольевич, докт. техн. наук, доцент, профессор кафедры автотракторной техники и теплоэнергетики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», golikov.rgatu@yandex.ru

Author Information

Panova Alla A., Lecturer at the Department of Industrial and Civil Engineering, Ryazan Institute (branch) Moscow Polytechnic University, panova.pgs@gmail.com

Yukhin Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, yuival@rambler.ru

Ryazantsev Mikhail A., Postgraduate Student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ryazancev_ma@mail.ru

Golikov Alexey A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Automotive Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, golikov.rgatu@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 11.07.2025; одобрена после рецензирования 03.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 11.07.2025; approved after reviewing 03.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.



Вестник РГАТУ, 2025, т.17, №3, с. 138-147
Vestnik RGATU, 2025, Vol.17, №3, pp. 138-147

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 656.078
DOI: 10.36508/RSATU.2025.80.44.019

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ НА ЛИНИИ «FUELTRUCK»

Иван Алексеевич Успенский¹✉, Павел Сергеевич Синицин², Дмитрий Михайлович Юмаев³, Андрей Михайлович Мошнин⁴, Олег Владимирович Филюшин⁵

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹ ivan.uspensckij@ya.ru

² Pasha.Sinitsin@yandex.ru

³ yumaeb@yandex.ru

⁴ Moshnin1999@ya.ru

⁵ olegfil93@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования является установление оптимальных параметров потребления топлива при интеграции цифровых технологий в систему управления транспортными средствами. Эффективность достигнута благодаря внедрению передовой системы контроля расхода топлива, настроенной на адаптацию к пробегам и операционной эффективности автомобилей. С 2008 года, вслед за обновлением стандартов на экономное потребление топлива и масел в автомобильной отрасли, зафиксирован значительный рост топливной экономии. Эти обновленные стандарты, подкрепленные научными данными, отражают прогресс в индустрии автомобилестроения, включая внедрение современных технологий и методов управления дорожным движением. В контексте улучшения автомобильных технологий и ускорения производственных процессов на современных предприятиях существует неотложная потребность в пересмотре стандартов по расходу топлива для их дальнейшего совершенствования. Данные корректировки позволят не только повысить эффективность использования топливных ресурсов, но и способствовать уменьшению экологически вредных выбросов, тем самым поддерживая экологически безопасные методы перевозки грузов.

Методология. Для анализа регулирования потребления топлива использовались высокотехнологичная система отслеживания расходов, обновленные временные стандарты и технические параметры.

Результаты. В эру активного прогресса автомобильного производства акцент смещается на повышение эффективности использования топлива. Внедренная технология, позволяющая адаптировать расход топлива в зависимости от пройденного расстояния и объема выполненных работ, занимает центральное место в сокращении топливных расходов. Модификации в стандартах, отражающие современное состояние техники и управленческие подходы в автопроме, приводят к необходимости корректировки норм потребления топлива для улучшения его использования и снижения затрат.

Заключение. Таким образом, применение передовых технологий и методик мониторинга упрощает контроль за расходом топлива, повышая его эффективность. Системное наблюдение и адаптация стандартов использования топлива в автопарке подчеркивают важность постоянного совершенствования механизмов контроля над топливными расходами. В условиях изменчивого экономического контекста и возрастающих требований к эффективности, пересмотр этих стандартов оказывается ключевым для оптимизации управления транспортными средствами и сокращения операционных расходов.

Ключевые слова: сокращение расхода горючего, расстояние, программное обеспечение, эксплуатация автомобилей, эффективность



Для цитирования: Успенский И.А., Синицын П.С., Юмаев Д.М., Мошнин А.М., Филлюшин О.В. Повышение эффективности эксплуатации автомобилей на линии «Fueltruck» // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С. 138-147 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.80.44.019>

Original article

DIGITAL COMPLEX FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF VEHICLE OPERATION ON THE FUELTRUCK LINE

Ivan A. Uspensky¹✉, Pavel S. Sinitsyn², Dmitry M. Yumaev³, Andrey M. Moshnin⁴, Oleg V. Filyushin⁵

^{1,2,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ ivan.uspensckij@ya.ru

² Pasha.Sinitsin@yandex.ru

³ yumaeb@yandex.ru

⁴ Moshnin1999@ya.ru

⁵ olegf1193@mail.ru

Abstract

Problem and purpose. The objective of this study is to establish the optimal fuel consumption parameters when integrating digital technologies into the vehicle management system. The efficiency is achieved through the implementation of an advanced fuel consumption monitoring system configured to adapt to the mileage and operational efficiency of vehicles. Since 2008, following the update of fuel and oil efficiency standards in the automotive industry, a significant increase in fuel economy has been recorded. These updated standards, supported by scientific data, reflect the progress in the automotive industry, including the introduction of modern technologies and traffic management methods. In the context of improving automotive technologies and accelerating production processes in modern enterprises, there is an urgent need to revise fuel consumption standards for their further improvement. These adjustments will not only improve the efficiency of fuel resources, but also help reduce environmentally harmful emissions, thereby supporting environmentally friendly methods of cargo transportation.

Methodology. A high-tech cost tracking system, updated time standards and technical parameters were used to analyze fuel consumption adjustment.

Results. In the era of active progress in automobile production, the emphasis is shifting to improving fuel efficiency. The implemented technology, which allows adapting fuel consumption depending on the distance traveled and the volume of work performed, occupies a central place in reducing fuel costs. Modifications in standards, reflecting the current state of technology and management approaches in the automotive industry, lead to the need to adjust fuel consumption standards to improve its use and reduce costs.

Conclusion. Thus, the use of advanced technologies and monitoring methods simplifies fuel consumption control, increasing its efficiency. Systematic monitoring and adaptation of fuel consumption standards in the vehicle fleet emphasize the importance of continuous improvement of fuel consumption control mechanisms. In the context of a changing economic context and increasing demands for efficiency, the revision of these standards is key to optimizing vehicle management and reducing operating costs.

Key words: reduction of fuel consumption, distance, software, vehicle operation, efficiency

For citation. Uspensky I.A., Sinitsyn P.S., Yumaev D.M., Moshnin A.M., Filyushin O.V. Increasing the efficiency of vehicle operation on the Fueltruck line // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2025, Vol.17, No.3, P. 138-147 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.80.44.019>

Введение

Рациональное потребление топлива тесно связывается с его контролем. В секторе автомобильного транспорта используются передовые методы учета расхода топлива, основанные на информации о километраже и объеме работ, выполненных транспортным средством. Нормирование расхода топлива позволяет точно спрогнозировать его потребление и провести аналитику использования ресурсов. С 2008 года введены обновленные промежуточные нормы для расхода топлива и масла в автотранспортной отрасли. Эти стандарты, базирующиеся на инженерных разработках, отражают последние достижения в состоянии автомобилей,

используемых технологиях и управлении автопарками. С усовершенствованием транспортных средств и производственных процессов, стандарты пересматриваются для непрерывного усовершенствования эффективности.

Стандартизация целенаправленно уменьшает затраты, оптимизирует использование ресурсов и улучшает эффективность процессов. Ее основная задача – разработка и внедрение оптимальных норм потребления топлива на основе технико-экономических исследований.

В автомобильной индустрии используются множественные критерии для анализа топливной эффективности, включая линейные индексы для из-



мерения расхода топлива при движении, методы анализа потребления топлива вспомогательными устройствами, а также специфические параметры оценки расхода топлива в рамках осуществления транспортных операций.

Нормы использования и характеристики автомобилей формируют базис для расчетов заработной платы, непрерывного отслеживания и анализа статистики, создавая основу для определения специфических показателей потребления топлива.

Установка нормативов расхода топлива на транспорте за единицу перемещенного груза (в г/ткм), пассажира (г/пасс·км) или объема перевозки (г/м³·км) производится на основе стандартных расчетов эффективности. Эти критерии способствуют определению необходимого объема топливных запасов, контролю за их использованием и оценке продуктивности транспортных операций.

Для различных видов транспортных средств разрабатываются специализированные стандарты расхода топлива, принимающие в расчет уникальные эксплуатационные характеристики. Эти стандарты входят в систему нормативов, регулирующих сферу транспортных услуг, ограничивая потребление топлива, необходимого для выполнения грузоперевозок. В то время как расходы на топливо для внутренних нужд, включая обслуживание автопарка и деятельность, не связанную с перевозками, регулируются отдельными положениями, не включенными в эти стандарты.

Материалы и методы исследования

В ходе научных исследований применение методик и инструментария складывается индивидуально от задач и специфики изучаемой дисциплины. Используемые ресурсы могут охватывать первичные исходные данные и обобщенную вторичную информацию. Исследовательские подходы делятся на качественные, направленные на анализ не количественных данных, и количественные, целями которых являются сбор и последующая статистическая обработка численных данных.

В сфере определения экономичности использования топлива транспортным парком выделяют три ключевые подкатегории норм потребления. Прежде всего, стандартный уровень, который заключается в определении среднего объема топлива, затраченного на каждые сто километров пути легковым авто в режиме без груза. Следующий показатель касается расходования топлива на сотню тонно-километров грузоперевозки, учитывая при этом добавочные затраты на топливо, вызванные необходимостью транспортирования грузов. Третий критерий затрагивает анализ потребления топлива при перевозке грузов, принимая во внимание дополнительные затраты, проистекающие из требований выполнения различных маневров во время погрузки и выгрузки.

Занятость, подразумевающая частые интервалы прерывания рабочего процесса из-за задач, связанных с загрузкой и выгрузкой материалов, при условии, что количество остановок превос-

ходит одну на километр пути (что типично для городских автобусов, специализированных транспортных средств для распределения почтовых отправлений, транспортировки наличности и аналогичных операций), охватывает до десяти процентов от общего числа рабочих мест.

Во время инициализационного испытания на 1000-метровом отрезке после осуществления капремонта и на новейшем оборудовании, а также при организованном перемещении данных транспортных средств в автономном режиме без взаимодействия с другими видами транспорта, предоставляется опция увеличения технических характеристик на 10 %. Во время движения в части взаимосвязанной группы или колонны, напротив, допускается усиление этих же критериев на 20 %.

Во время загрузочно-разгрузочных работ на объектах с высокими требованиями к пожарной безопасности, например, на нефтебазах либо на складах, попадающих под строгие нормативные запреты на остановку работы двигателя транспортных средств, вводится норматив расхода топлива. Согласно этому нормативу, время простоя транспортного средства в активном режиме без движения, с работающим двигателем, учтено как расход топлива, равнозначный преодолению дистанции в 5 км.

В технической документации автомобилей с газодизельным двигателем указывается расход сжиженного природного газа (LNG) в объемных единицах (кубических метрах), в то время как потребление дизельного топлива выражается в литрах.

Результаты исследований и их обсуждение

Разработка персонализированных нормативов по эффективности потребления топлива обуславливается применением подхода, основанного на учете конкретных параметров потребления энергии, что является ключевым для сокращения зависимости от бензина и электроэнергии в автопромышленности. Соблюдение этих стандартов является критически важным для активации экономических стимулов, которые предназначены для содействия снижению энергопотребления. Исследование и реализация экономических стимулов для энергоэффективности остается приоритетной задачей в дебатах о повышении энергетической эффективности в данной отрасли.

Стратегии определения стандартов потребления энергоносителей.

Среди принципиальных подходов к определению стандартов использования топлива выделяются:

- экспериментальный,
- расчетно-статистический,
- аналитические подходы.

Множество методик разрабатывается. В современную эпоху стратегии аналитики набирают обширное распространение.

Экспериментальное изучение позволяет устанавливать специальные нормы расхода топлива для разнообразных видов транспорта, учитывая



специфические условия их использования. Однако сложности выполнения экспериментов из-за необходимости анализа разнообразных эксплуатационных параметров замедляют процесс получения данных. Необходимость анализа топливной эффективности для множества маршрутов приводит к увеличению времени на достижение верифицируемых данных. Таким образом, экспериментальная методология идеально справляется с задачей точного установления норм расхода топлива для конкретных маршрутов и заданных транспортных операций.

Через математические статистические методы устанавливаются стандарты потребления топлива на основе анализа среднего расхода и изучения влияющих на него эксплуатационных факторов. В этой работе активно применяются методы множественной регрессии для прогнозирования зависимостей, несмотря на проблемы с учетом всех меняющихся параметров. Это усложняет точное определение их вклада.

Построение регрессионных моделей, точно отражающих эксплуатационные условия, облегчает разработку точных энергетических нормативов. В свете непрерывно прогрессирующих технологий становится очевидным предпочтение к аналитическим инструментам за их способность точно задавать стандарты и проводить глубокий анализ данных. Этот подход базируется на точном измерении расхода топлива посредством комплексного анализа всех аспектов транспортировки и эксплуатационных характеристик. Главные достоинства данной методики заключаются в ее надежности и точности при осуществлении расчетов, опирающихся на возможность проведения точных измерений.

Для надежного прогноза потребления топлива требуется создание комплексных математических моделей, охватывающих аспекты, связанные не только с условиями дорог и спецификациями автомобилей, но и с погодными изменениями. Однако, даже при включении всех этих параметров и адаптации моделей под конкретные характеристики транспортных средств, высокая степень точности прогнозов часто оказывается недостижимой, что приводит к потенциальным расхождениям в вычислениях. Верификация этого предположения требует использования статистических методов анализа, подкрепленных масштабными эмпирическими исследованиями.

Ключевые детерминанты, влияющие на потребление топлива в процессе использования автомобильного транспорта, включают эффективное распределение маршрутов и оптимизацию нагрузки, дистанцию транспортировки грузов и пассажиров, скоростной режим автомобилей, состояние дорожного полотна и погодные условия.

Определение стандартов расхода топлива для грузовиков-тягачей и автопоездов, принимая во внимание объем перевозимых грузов, осуществляется согласно уравнению:

$$Q_H = (K + K_1 - 1)(Q_0 + Q_1 g_a \gamma \beta) \quad (1)$$

где K – коэффициент, учитывающий надбавку к расходу топлива на зимний период;

K_1 – коэффициент, учитывающий надбавку или снижение расхода топлива в зависимости от вида перевозок (сельскохозяйственные, карьерные и междугородные);

Q_0 – линейная норма расхода топлива, л/100 км;

Q_1 – норма расхода топлива на 100 т-км транспортной работы, л/100 т-км, (2,0 л – для автомобилей с карбюраторными двигателями и 1,3 л – с дизельными двигателями);

g_a – грузоподъемность автомобиля, т;

γ – коэффициент использования грузоподъемности;

β – коэффициент использования пробега.

Для автомобилей, работающих с прицепами, норма расхода топлива может быть определена по формуле:

$$Q_{ap} = (K + K_1 - 1) \cdot [(Q + Q_0 + g_{пр})] + Q_1 G_{пр} \quad (2)$$

где $g_{пр}$ – грузоподъемность прицепа, т;

$G_{пр}$ – масса прицепа, т.

Норму расхода топлива для автомобилей-самосвалов рассчитывают по формуле:

$$Q_{ac} = (K + K_1 - 1) \cdot (Q_0 + Q_c) \quad (3)$$

где Q_c – надбавка к норме при работе с самосвальным механизмом, которая составляет 0,3 л на каждую езду на 100 км пробега.

Для легковых автомобилей, автобусов и грузовых автомобилей, работа которых не учитывается в тонно-километрах, применяют нормы расхода топлива с учетом только общего пробега:

$$Q_{пр} = \frac{(K + K_1 - 1) \cdot Q}{100} \cdot l \quad (4)$$

где l – общий пробег автомобиля или автобуса, км.

В процессе установления стандартов по потреблению топлива критически значимым является верное представление базовых данных о потреблении, которые должны включать широкий спектр переменных. Для достижения адекватности показателей в свете переменчивых условий эксплуатации транспортного средства применяются корректирующие коэффициенты, настроенные на эти изменения. Впрочем, существующая система корректировки не гарантирует корректный учет уникального воздействия разнообразных эксплуатационных условий на окончательное потребление топлива.

Актуальность верификации данных о потреблении топлива подчеркивает проблему несоответствия между ожидаемыми и реальными показателями расхода, что подчеркивает необходимость регулярного обновления стандартов и методик определения использования энергоресурсов в транспортной индустрии.

Строгое следование установленным требованиям к расходу топлива оказывается предметом заботы специалистов производственных и техни-



ческих подразделений. В то же время, задачей служб по управлению и обслуживанию транспортных средств является обеспечение их высокой энергоэффективности. Установление стандартов по расходу топлива влечет за собой детальное изучение технических параметров и состояния транспортных средств, что напрямую влияет на их функциональность. В этом контексте ключевыми задачами производственно-технических отделов являются обеспечение своевременного технического обслуживания и ремонта автопарка, а также применение исключительно сертифицированных видов топлива, масел и смазочных материалов.

Большая часть расхода горючего на преодоленный километр напрямую зависит от ряда критически важных факторов, связанных с эксплуатацией и техническим обслуживанием автомобилей. Ключевые элементы включают в себя эффективность перемещения, способность транспортировать грузы, а также компетентное применение вспомогательного оборудования, такого, как прицепы. В расчетах берется во внимание коэффициент эффективности работы, который подчеркивает необходимость для логистических компаний неустанно оптимизировать процессы управления и повышать производительность своего транспортного парка.

Основной проблемой в системе управления потреблением топлива является сложность точного определения индивидуальных норм расхода в различных эксплуатационных условиях. Внедрение методики маршрутного нормирования позволяет сократить топливные затраты на 5-10 % за счет точного учета характеристик каждого маршрута. Этот метод не только позволяет экономить топливо, но и повышает ответственность и производительность управляющего звена и водителей автотранспортных предприятий. В настоящее время его активно применяют в секторе автобусных перевозок. Существует потенциал для распространения этой практики и на другие виды транспорта, включая легковой и грузовой автомобильный транспорт, особенно при их работе на постоянных маршрутах.

Методика коррекции потребления горючего предусматривает регулярные выездные аудиты специалистами из отделов, отвечающих за оптимизацию затрат в транспортных организациях, к локациям эксплуатации автопарка. Эти проверки организованы согласно строгому графику и проводятся с использованием специального оборудованного транспорта, например, автобусов или легковых машин. В ходе этих осмотров осуществляется всесторонняя оценка технического состо-

яния машин и сбор свежих данных для обновления стандартов расхода топлива. Зафиксированная информация заносится в служебные записи, отражающие основные эксплуатационные показатели, загрузку автомобиля и другие важные аспекты.

Линейная норма расхода топлива рассчитывается на основе преодоленного транспортным средством расстояния, исключая переменные, связанные с массой перевезенного груза. Для самосвалов этот критерий адаптируется путем применения коэффициента 0,5 для учета транспортной эффективности, что дает возможность адаптировать объем потребляемого топлива в соответствии с фактической грузоподъемностью и степенью эксплуатации транспортного средства по отношению к его максимальной загруженности.

Внедрение интегрированных управленческих систем, способствующих созданию "зеленой волны" на дорогах, приводит к осязаемому снижению расхода топлива на 12-15 % в сравнении с ситуациями без их использования. При сравнении показателей потребления топлива, полученных через испытания в контролируемых условиях с использованием динамометрических стендов, с данными о фактическом расходе в условиях езды по идеально ровной дороге, обнаруживается значительный разрыв, вызванный отличиями между лабораторными условиями и переменчивым характером реальной эксплуатации транспортных средств. Такие результаты подчеркивают необходимость пересмотра и адаптации стандартов и норм по экономии топлива с учетом особенностей дорожных условий и режимов движения.

В автоотрасли широко используются общепринятые критерии для анализа расхода топлива у последних марок транспортных средств, акцентируя внимание на определенных условиях функционирования мотора, выявляющих топливную экономичность машины. В контексте коммерческого транспорта эти критерии определяют две базовые скорости – 60 км/ч и 80 км/ч, демонстрирующие различные сценарии использования.

Отслеживание потребления топлива при установленной скорости 40 км/ч является ключевым для оценки эффективности использования топлива.

Таблица 1 отображает нормированные показатели расхода топлива для анализируемых объектов.

В оценке технологического развития и эффективности топливного расхода легковых автомобилей применяют более строгие меры. С начала 21-го века нормы расхода топлива при стандартизированных скоростных режимах были значительно повышены.

Таблица 1 – Нормируемый расход топлива для объектов исследования

Модель, марка, модификация автомобиля	Базовая норма, л/100 км	Топлива
DAF FT/FA 95 XF 380 (6L-12,58-381-16M)	19,0	Д



Продолжение таблицы 1

DAF 95.XF 430 (6L-12,58-428-16M)	16,5	Д
DAF 95.480 (6L-12,58-483-16M)	18,6	Д
MAN 19.463 FLS (6L-12,816-460-16M)	16,0	Д
MAN 19.372 (6L-11,961-370-16M)	17,0	Д
MAN 26.413 TGA (6L-11,967-410-16M)	19,7	Д
MAN 26.414 (6L-11,967-410-16M)	16,6	Д
MAN 26.463 FNLS (6L-12,861-460-16M)	17,0	Д
MAN F 2000 334 DFAT (с п/п SP-240) (6L-11,967-410-16M)	22,3	Д
MAN TGA 18.350 (6L-10,518-350-16M)	15,5	Д
Volvo FH 12 (6L-12,0-405-14M)	15,7	Д
Volvo FH 12/380 (6L-12,13-380-14M)	15,0	Д
Volvo FH 12/420 (6L-12,13-420-14M)	16,5	Д

В процессе выполнения научных исследований и проведения экспериментальных работ, целью которых является изучение эффективности транспортных систем, ведущим индикатором для определения энергоэффективности выступает параметр под названием дорожная экономичность. При изучении эффективности работы автомобильных двигателей ключевым фактором служит удельное потребление топлива, которое отображает соотношение между объемом использованного топлива и выполненной транспортным средством работой.

Экономическая эффективность транспортного средства в контексте потребления горючего оценивается по его способности использовать топливо в диапазоне скоростей от наименьшей до наибольшей. Для определения эффективности расхода топлива транспортное средство подвергается испытаниям на специально оборудованном треке. Необходимым условием для такого трека является наличие безупречно ровной поверхности, прямолинейного участка дороги с асфальтобетонным покрытием. Критично, чтобы длина трассы не оказалась менее 5 километров, а выбранный для замеров участок отвечал строгим критериям для точного измерения – как минимум 1 км.

Эффективность использования топлива в условиях, близких к реальным, и в лабораторных условиях оценивается по потреблению топлива, выраженному в литрах на 100 км. Этот показатель расчета подвергается оценке с помощью специальной формулы:

При определении топливной эффективности авто основополагающими факторами являются запросы расхода бензина в реальных условиях города и в ходе моделирования городского трафика. Для обеспечения корректного определения расхода топлива перед тестированием автомобиля необходимо нормализовать работу его трансмиссионной системы и достичь оптимальных температур шин. Это требование важно для уменьшения внешних переменных, влияющих на результаты испытаний. Оценка эффективности производится путем мониторинга уровня потребления топлива и изучения динамики торможения автомобиля с начальной скорости 50 км/ч до полной остановки без активации тормозной системы вручную. Этот подход позволяет выявить и оценить сопротивление, создаваемое при качении колес, что является важным показателем для измерения экономичности транспортного средства.

Обычно, после того как автомобиль проезжает от 15 до 30 км, он достигает стабильного расхода топлива [1], эффект ярче выражен при колебаниях температуры внешней среды между 5 и 20° С.

Указанные тесты не полностью отображают эффект фактических условий использования автомобиля на его топливную эффективность при вождении.

Создана компьютерная программа, задачей которой является определение стандартов потребления топлива для автомобилей брендов MAN, DAF, VOLVO в общем виде, с последующим формированием графических отображений для их анализа.



В коде программы определяются параметры, такие как нормативы расхода топлива для автомобиля в снаряженном и негруженном состоянии, стандарты использования топлива по отношению к объему транспортных услуг, величина выполненных транспортных задач, а также корректирующие коэффициенты для этих норм.

В процессе функционирования программное

обеспечение отображает графическое представление линейной зависимости, демонстрируя результаты вычисления стандартного расхода топлива без использования системы климатического контроля.

ПО совместимо с транспортными средствами от производителей MAN, DAF и VOLVO.

Рис. 1 – Форма ввода данных программы
Fig. 1 – Program data entry form

1 – Блок ввода информации по маршруту; 2 – Блок указания поправочных коэффициентов;

3 – Блок графиков зависимостей после расчета с учетом климат-контроля и без;

1 – Блок ввода информации по маршруту; 2 – Блок указания поправочных коэффициентов; 3 – Блок графиков зависимостей после расчета с учетом климат-контроля и без; 4 – Блок выбора марки грузовика; 5 – Блок вывода результатов расчета

Рис. 2 – Составные части формы ввода данных программы

1 – Route information input block; 2 – Correction coefficients indication block; 3 – Block of dependency graphs after calculation with and without climate control; 4 – Truck brand selection block; 5 – Calculation results output block

Fig. 2 – Components of the program data input form

Рис. 3 – Заполненная форма ввода данных программы

Fig. 3 – Completed program data entry form

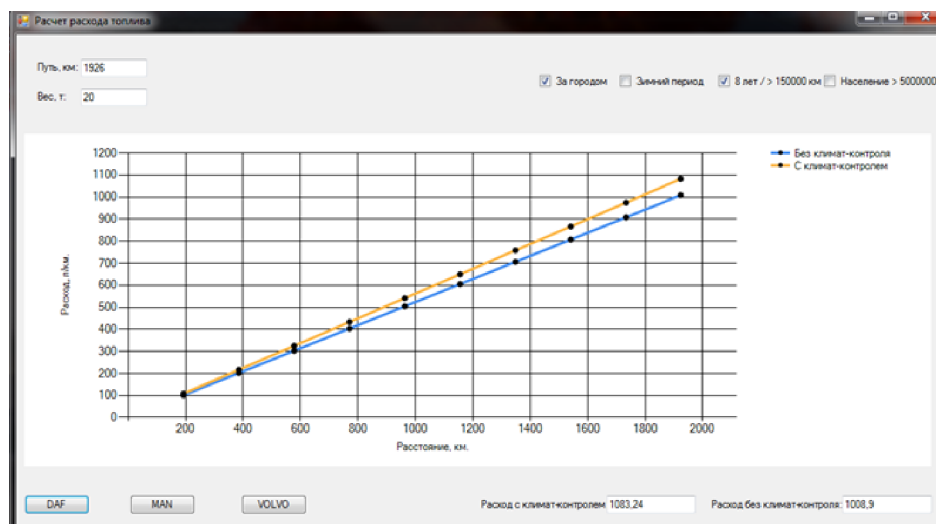


Рис. 4 – Форма с выводом всей информации, производимой программой

Fig. 4 – Form with the output of all information produced by the program

Специфический расход топлива характеризует объем топлива, используемого за время на выработку одной единицы мощности:

$$G_e = 1000 \cdot \frac{G_t}{N_e} \quad (5)$$

где G_t – часовой расход топлива, кг/ч;

N_e – эффективная мощность, кВт.

Вес груза в автомобиле оказывает значительное влияние на потребление топлива. Когда автомобиль перемещается с максимальной загрузкой по ровным дорогам, наблюдается увеличение расхода горючего на 20-25 % по сравнению с ситуациями, когда он используется исключительно для транспортировки водителя без дополнительного груза.

В тексте отмечается, что компаниям, занимающимся перевозками на автомобильном транспорте, предоставлялась возможность выбирать и применять специализированные, модифицированные коэффициенты, включающие корректировки как позитивные, так и негативные, основанные на реальных операционных условиях их автопарка, при условии, что эти изменения находятся в рамках официально установленных ограничений.

Зимний период характеризуется ростом потребления топлива транспортными средствами вследствие адаптации к изменениям погодных условий. В южных регионах, где климат относительно мягкий, увеличение расхода составляет около 5 %. В северных областях, где условия более суровые, расход топлива может возрасти на 15 %. В Арктических регионах, сталкивающихся с крайними холодами, этот показатель может превышать 20 %. Для большинства территорий страны типично увеличение расхода на 10 %. Также повышение до 20 % наблюдается на Севере в пределах Сибирского Федерального округа.

Рост потребления топлива автомобилей и грузовиков зафиксирован при передвижении через перегруженные урбанистические зоны, по местностям с горным рельефом, а также когда необходимо перемещать грузы значительной массы, что приводит к уменьшению транспортной скорости. В то же время проезд по современным скоростным

трассам за пределами городских зон оказывает благотворное влияние на эффективность использования топлива, уменьшая его расход до 15 %. Для вычисления нормы расхода топлива Q_n , указываемой в литрах, применяемой к автомобилю при выполнении разнообразных транспортных задач, используется следующая формула:

$$Q_n = (K + K_1 - 1)(Q_0 + Q_1 g_a \gamma \beta)$$

В рамках исследования был осуществлен тщательный анализ проблем, связанных с использованием автомобильной техники. Произведена детальная классификация условий эксплуатации транспортных средств, учитывая разнообразие погодных и климатических факторов, для определения ключевых аспектов, влияющих на эффективность использования топлива и обоснованность применения автотранспорта в контексте экономической выгоды.

Заключение

Исходя из проведенного анализа данных, необходимо подчеркнуть важность продолжения научных работ в направлении улучшения энергоэффективности транспортных средств, учитывая региональные условия эксплуатации. Совершенствование методов для точной оценки и нормирования расхода топлива способствует повышению финансовой эффективности и сокращению негативного воздействия на окружающую среду, связанного с эксплуатацией автомобильного транспорта.

Список источников

1. Определение удельного электрического сопротивления сдвига фрикционной накладкой тормозной колодки относительно металлической пластины (корпуса) / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3(59). – С. 395-405. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-03-42. – EDN QYZCGS.

2. Метод ускоренного диагностирования форсунок на кокование / А. А. Карташов, А. В. Лахно, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – №



176. – С. 85-95. – DOI 10.21515/1990-4665-176-007. – EDN JNHOVV.

3. Расчёт и моделирование параметров индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью / Н. В. Бышов, И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 4(60). – С. 350-369. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-04-34. – EDN RYDDXM.

4. Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Г. А. Борисов, Н. В. Лимаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3(55). – С. 360-369. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-45. – EDN SKDSPZ.

5. Обоснование применения ротационного питателя в пневматических машинах и агрегатах / А. В. Мачнев, В. А. Мачнев, К. З. Кухмазов [и др.] // Нива Поволжья. – 2022. – № 1(61). – С. 3001. – DOI 10.36461/NP.2022.61.1.002. – EDN ERAZIK.

6. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния юбки поршня двигателя внутреннего сгорания / С. В. Смирнов, В. В. Копылов, А. Р. Макаров [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 4(56). – С. 301-311. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-04-35. – EDN VNTNLL.

7. Исследование мощностных характеристик

элемента пельтье / Д. Е. Каширин, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – № 1(49). – С. 129-136. – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.019. – EDN WVGLSB.

8. Воздействие ультразвуковой обработки смазочного масла на работу трибосопряжения с оценкой остаточных эффектов в масле / А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, Н. В. Бышов, М. Н. Слюсарев // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 5. – С. 599-606. – EDN JSFJXY.

9. Вероятностная модель прогнозирования износа тормозных колодок / И. А. Успенский, Н. В. Лимаренко, Е. А. Ракул [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – Т. 13, № 3. – С. 112-119. – DOI 10.36508/RSATU.2021.91.36.016. – EDN QDXZZE.

10. Арженовский, А. Г. Методика расчета показателей работы машинно-тракторных агрегатов при использовании активированного топлива / А. Г. Арженовский, К. В. Коршенко, И. Н. Краснов // Вестник АПК Ставрополя. – 2021. – № 1(41). – С. 4-9. – DOI 10.31279/2222-9345-2021-10-41-4-9. – EDN AGWWCM.

11. Лобачевский, Я. П. Аспекты цифровизации Системы технологий и машин / Я. П. Лобачевский, В. М. Бейлис, Ю. С. Ценч // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 3(36). – С. 40-45. – EDN RLCDHO.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Opredeleniye udel'nogo elektricheskogo soprotivleniya sdviga friktsionnoy nakladki tormoznoy kolodki otnositel'no metallicheskoj plastiny (korpusa) / I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, N. V. Limarenko [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2020. – № 3(59). – S. 395-405. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-03-42. – EDN QYZCGS.*

2. *Metod uskorennoy diagnostirovaniya forsunok na koksovaniye / A. A. Kartashov, A. V. Lakhno, I. A. Uspenskiy [i dr.] // Politematicheskij setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 176. – S. 85-95. – DOI 10.21515/1990-4665-176-007. – EDN JNHOVV.*

3. *Raschot i modelirovaniye parametrov induktora elektricheskogo apparata s nesoglasovannoy podvizhnoy chast'yu / N. V. Byshov, I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, N. V. Limarenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2020. – № 4(60). – S. 350-369. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-04-34. – EDN RYDDXM.*

4. *Issledovaniye vliyaniya parametrov rabochikh tel induktora na koeffitsiyent moshchnosti / I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, G. A. Borisov, N. V. Limarenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2019. – № 3(55). – S. 360-369. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-45. – EDN SKDSPZ.*

5. *Obosnovaniye primeneniya rotatsionnogo pitatelya v pnevmaticheskikh mashinakh i agregatakh / A. V. Machnev, V. A. Machnev, K. Z. Kukhmazov [i dr.] // Niva Povolzh'ya. – 2022. – № 1(61). – S. 3001. – DOI 10.36461/NP.2022.61.1.002. – EDN ERAZIK.*

6. *Ekspperimental'noye issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya yubki porshnya dvigatelya vnutrennego sgoraniya / S. V. Smirnov, V. V. Kopylov, A. R. Makarov [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2019. – № 4(56). – S. 301-311. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-04-35. – EDN VNTNLL.*

7. *Issledovaniye moshchnostnykh kharakteristik elementa pel't'ye / D. Ye. Kashirin, I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2021. – № 1(49). – S. 129-136. – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.019. – EDN WVGLSB.*

8. *Vozdeystviye ul'trazvukovoy obrabotki smazochnogo masla na rabotu tribosopryazheniya s otsenkoy*



ostatochnykh effektiv v masle / A. A. Simdyankin, I. A. Uspenskiy, N. V. Byshov, M. N. Slyusarev // *Treniye i iznos.* – 2019. – Т. 40, № 5. – С. 599-606. – EDN JSFJXY.

9. Veroyatnostnaya model' prognozirovaniya iznosa tormoznykh kolodok / I. A. Uspenskiy, N. V. Limarenko, Ye. A. Rakul [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva.* – 2021. – Т. 13, № 3. – С. 112-119. – DOI 10.36508/RSATU.2021.91.36.016. – EDN QDXZZE.

10. Arzhenovskiy, A. G. Metodika rascheta pokazateley raboty mashinno-traktornykh agregatov pri ispol'zovanii aktivirovannogo topliva / A. G. Arzhenovskiy, K. V. Korshenko, I. N. Krasnov // *Vestnik APK Stavropol'ya.* – 2021. – № 1(41). – С. 4-9. – DOI 10.31279/2222-9345-2021-10-41-4-9. – EDN AGWWCM.

11. Lobachevskiy, YA. P. Aspekty tsifrovizatsii Sistemy tekhnologiy i mashin / YA. P. Lobachevskiy, V. M. Beylis, YU. S. Tsench // *Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK.* – 2019. – № 3(36). – С. 40-45. – EDN RLCDDO.

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 «Техническая эксплуатация транспорта», ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», ivan.uspenskij@ya.ru

Синицин Павел Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», Pasha.Sinitsin@yandex.ru

Юмаев Дмитрий Михайлович, канд. техн. наук, ассистент кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева», yumaeb@yandex.ru

Мошнин Андрей Михайлович, аспирант, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева», Moshnin1999@ya.ru

Филишин Олег Владимирович, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», olegfil93@mail.ru

Author Information

Uspenskiy Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, ivan.uspenskij@ya.ru

Sinitsin Pavel S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Pasha.Sinitsin@yandex.ru

Yumaev Dmitry M., Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, yumaeb@yandex.ru

Moshnin Andrey M., Postgraduate Student, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Moshnin1999@ya.ru

Filyushin Oleg V., Candidate of Technical Sciences, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, olegfil93@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.06.2025; одобрена после рецензирования 01.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 12.06.2025; approved after reviewing 01.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 656.078
DOI: 10.36508/RSATU.2025.21.67.020

РАСЧЕТ РАСХОДА ТОПЛИВА КАМАЗ 54901-70014-СА

Иван Алексеевич Успенский¹, Павел Сергеевич Синицин², Иван Александрович Юхин³, Андрей Михайлович Мошнин⁴, Александр Андреевич Кутыраев⁵✉

^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹ ivan.uspensckij@ya.ru

² Pasha.Siniitsin@yandex.ru

³ yuival@rambler.ru

⁴ Moshnin1999@ya.ru

⁵ kutyraev@bk.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Основная задача данного исследования заключается в определении идеальных параметров потребления топлива с применением цифровизации в управлении автопарком. Успех этого достижения обусловлен реализацией инновационной системы контроля расхода топлива, которая адаптирована к пробегу и оперативной работе транспортных средств. С момента реформирования стандартов для повышения экономичности топлива и моторных масел в автопромышленности в 2008 году наблюдается ощутимый прогресс в снижении топливопотребления. Эти обновлённые стандарты, подтверждаемые актуальными научными исследованиями, отражают развитие в производстве автомобильной техники, в том числе в применении современных технологий и приёмов управления трафиком. В условиях модернизации автомобилестроения и оптимизации производственных линий актуальна нужда в пересмотре стандартов по использованию топлива для дальнейшего улучшения. Подобные изменения позволят не только повысить эффективность использования топливных ресурсов, но и способствуют сокращению экологически опасных выбросов, при этом поддерживая экологически чистые способы транспортировки.

Методология. Исследование регулирования потребления топлива проводилось с использованием передовой системы мониторинга расхода, актуализированных временных нормативов и технических характеристик.

Результаты. В контексте быстро развивающейся автомобильной индустрии основной упор сделан на оптимизацию потребления топлива. Примененная технология, предоставляющая возможность регулировать расход топлива с учетом преодоленного пути и выполненной работы, играет ключевую роль в минимизации затрат на топливо. Актуализация нормативов, соответствующих последним техническим достижениям и методикам управления в автомобилестроении, ведет к реформированию стандартов потребления топлива для его более рационального использования и экономии затрат.

Заключение. Итак, внедрение современных технических устройств и методологий мониторинга упрощает процесс управления потреблением топлива, тем самым повышая эффективность его использования. Целенаправленный анализ и корректировка стандартов потребления топлива в автомобильном парке подчеркивают необходимость непрерывного улучшения систем контроля за топливными издержками. В контексте постоянно меняющейся экономической ситуации и возрастающих требований к функциональности ревизия данных стандартов становится ключевым элементом для оптимального управления автотранспортом и снижения операционных затрат.

Ключевые слова: сокращение расхода горючего, цифровые технологии, мониторинг расхода топлива, топливная эффективность, стандарты расхода топлива, экономия топлива

Для цитирования: Успенский И.А., Синицин П.С., Юхин И.А., Мошнин А.М., Кутыраев А.А. Расчет расхода топлива КАМАЗ 54901-70014-СА // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, №3, С 148-155 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.21.67.020>



CALCULATION OF FUEL CONSUMPTION KAMAZ 54901-70014-SA

Ivan A. Uspensky¹, Pavel S. Sinitsyn², Ivan A. Yukhin³, Andrey M. Moshnin⁴, Alexander A. Kutyraev⁵✉
^{1,2,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ ivan.uspensckij@ya.ru

² Pasha.Sinitsin@yandex.ru

³ yuival@rambler.ru

⁴ Moshnin1999@ya.ru

⁵ kutyraev@bk.ru

Abstract

Problem and purpose. The main objective of this study is to determine the ideal fuel consumption parameters using digitalization in fleet management. The success of this achievement is due to the implementation of an innovative fuel consumption control system that is adapted to the mileage and operational performance of vehicles. Since the reform of standards to improve fuel and engine oil efficiency in the automotive industry in 2008, there has been significant progress in reducing fuel consumption. These updated standards, supported by current scientific research, reflect the development in the production of automotive equipment, including the application of modern technologies and traffic management techniques. In the context of the modernization of the automotive industry and the optimization of production lines, there is an urgent need to revise the fuel use standards for further improvement. Such changes will not only improve the efficiency of fuel resources, but also help reduce environmentally hazardous emissions, while supporting environmentally friendly transportation methods.

Methodology. The fuel consumption regulation study was conducted using an advanced consumption monitoring system, updated time standards and technical characteristics.

Results. In the context of the rapidly developing automobile industry, the main focus is on optimizing fuel consumption. The applied technology, which provides the ability to regulate fuel consumption taking into account the distance traveled and the work performed, plays a key role in minimizing fuel costs. Updating standards that correspond to the latest technical achievements and management methods in the automobile industry leads to reforming fuel consumption standards for its more rational use and cost savings.

Conclusion. Thus, the introduction of modern technical devices and monitoring methodologies simplifies the process of fuel consumption management, thereby increasing the efficiency of its use. Targeted analysis and adjustment of fuel consumption standards in the vehicle fleet emphasize the need for continuous improvement of fuel cost control systems. In the context of an ever-changing economic situation and increasing demands on functionality, the revision of these standards is becoming a key element for optimal vehicle management and reduction of operating costs.

Key words: fuel consumption reduction, digital technologies, fuel consumption monitoring, fuel efficiency, fuel consumption standards, fuel economy, vehicle maintenance and repair.

For citation. Uspensky I.A., Sinitsyn P.S., Yukhin I. A., Moshnin A.M., Kutyraev A.A. Calculation of fuel consumption KAMAZ 54901-70014-SA // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2025. Vol. 17, No.3. P. 148-155 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.21.67.020>

Введение

Эффективное управление потреблением топлива тесно связано с его мониторингом. В автотранспортной индустрии применяются современные методики контроля расхода топлива, учитывающие пробег и выполненные автомобилем работы. Установление норм расхода топлива обеспечивает его предсказуемое использование и возможность детального анализа потребления ресурсов. С 2008 года действуют пересмотренные периодические нормы расхода топлива и масла в данной отрасли. Эти нормативы, основанные на технических инновациях, отражают новейшие тенденции в автомобильной технике, применяемых технологиях и управлении транспортными парками. По мере развития автомобильной промышленности и технологий, нормы регулярно обновляются для повышения эффективности их применения.

Стандартизация стремится к сокращению издержек, рационализации расхода ресурсов и повышению производительности операций. Ее ключевой функцией является создание и применение стандартов потребления топлива, основанных на технико-экономическом анализе.

В автоотрасли применяют различные методики оценки энергоэффективности транспортных средств. Это включает использование стандартизированных индикаторов для измерения расхода топлива в процессе движения, методы оценки энергопотребления дополнительных систем и устройств, а также специализированные подходы для анализа эффективности использования топлива во время выполнения различных транспортных операций.

Стандарты эксплуатации и параметры транспортных средств задают фундамент для вычисления заработной платы, постоянного мониторинга и



статистического анализа, обеспечивая определение точных критериев расхода топлива.

Установление стандартов для потребления топлива на транспортных средствах на основе перевезенного груза (в граммах на тонно-километр), пассажиров (граммы на пассажиро-километр) или объема груза (граммы на кубометр-километр) осуществляется через стандартизированные методы оценки эффективности. Эти метрики помогают регулировать необходимость в топливе, его расход и обеспечивают анализ эффективности транспортных процессов.

Для каждого типа транспорта разрабатывают индивидуальные нормативы расхода топлива, учитывающие особенности их использования. Эти нормативы являются частью комплекса правил, устанавливающих лимиты на потребление топлива для целей грузоперевозок в рамках транспортного сектора. В то же время, затраты на топливо, связанные с внутренними операциями, такими как управление автопарком и иными не логистическими функциями, подпадают под другие регулировки, не включенные непосредственно в упомянутые стандарты.

Материалы и методы исследования

В рамках научных разработок выбор методов и инструментов необходимо адаптировать к целям и особенностям исследуемой области знаний. Для сбора данных могут использоваться как первичные данные, так и анализируемая вторичная информация. Существуют качественные исследования, ориентированные на анализ нечисловых данных, и количественные, фокусирующиеся на сборе и статистическом анализе численных данных.

В анализе экономичности использования топлива автопарками выделяют три основных подкатегории норм потребления топлива.

Первая подкатегория – это стандартный уровень расхода топлива, который определяется как средний объем топливных затрат на каждые сто километров пробега легкового автомобиля в ненагруженном состоянии.

Второй показатель оценивает эффективность использования топлива на единицу перевезенного груза (сто тонно-километров), учитывая при этом дополнительные расходы, связанные с транспортировкой грузов.

Третья категория учитывает анализ потребления топлива в процессе грузовых перевозок, включая дополнительные затраты на топливо, которые возникают в результате выполнения разнообразных маневров при погрузке и выгрузке товаров.

Занятость, которая включает в себя множественные остановки для загрузки и выгрузки материалов – ситуация, характерная для городских автобусов, транспортных средств, задействованных в доставке почты, перевозке ценных грузов и подобных задач, и при которой количество остановок превышает одну на километр маршрута, занимает до десяти процентов всех рабочих мест в соответствующих отраслях.

В ходе начальных тестов на километровом

участке после проведения капитального ремонта с использованием современного оборудования и при координированной пассажироперевозке автономными транспортными средствами, которые функционируют изолированно от других видов транспорта, предоставляется возможность повышения технических параметров на 10 %. Когда транспорт движется как часть связанного конвоя или плотной группы, возможно усиление этих параметров до 20 %.

При выполнении погрузочно-разгрузочных операций на территориях, где предъявляются строгие требования к соблюдению пожарной безопасности, таких как нефтебазы или склады с жесткими регламентами запрещения выключения двигателя транспортных средств, устанавливаются специфические стандарты по потреблению топлива. В соответствии с этими регуляциями, простой автомобиля в режиме холостого хода с включенным двигателем приравнивается к затратам топлива, которые были бы потрачены на проезд расстояния в 5 километров.

В технических спецификациях автомобилей, оснащенных газодизельными агрегатами, фиксируется расход LNG в кубических метрах, тогда как использование дизельного топлива измеряется в литрах.

Результаты исследований и их обсуждение

Создание индивидуализированных стандартов по эффективности использования топлива в автомобильной промышленности происходит через методику, учитывающую уникальные аспекты потребления энергии. Это играет важную роль для уменьшения зависимости от нефтепродуктов и электричества. Строгое придерживание этих нормативов критично для внедрения экономических рычагов, направленных на уменьшение потребления ресурсов. Анализ и воплощение данных стимулов для повышения энергоэффективности продолжает оставаться центральной темой в дискуссиях по улучшению использования энергии в транспортном секторе.

Методы установления норм потребления энергетических ресурсов:

в числе ключевых методик формирования норм потребления топлива выделяют:

- экспериментальный,
- расчетно-статистический.

Аналитические стратегии набирают широкую популярность. Разнообразие подходов постоянно расширяется. В современный период разрабатывается множество новых методик.

Экспериментальное исследование способно определять точные стандарты потребления топлива для различных типов транспортных средств, с учетом уникальных условий эксплуатации. Тем не менее, трудности проведения экспериментов в связи с необходимостью анализировать многие операционные параметры затрудняют сбор данных. Важность вычисления топливной эффективности по разным маршрутам увеличивает период, требуемый для получения проверенных результатов. Также экспериментальная методика эф-



эффективно решает задачу точной настройки норм расхода топлива для определенных видов транспортных средств и задействованных операций.

Применение статистической математики позволяет устанавливать нормы потребления топлива, анализируя средний расход и изучая эксплуатационные факторы, которые на него влияют. В данном процессе широко используется множественная регрессия для моделирования зависимостей, хотя существуют трудности в учете всех изменяющихся параметров, что затрудняет точное определение их влияния. Разработка регрессионных моделей, адекватно отражающих условия эксплуатации, способствует созданию точных энергетических стандартов. С развитием технологий аналитические инструменты показывают свою эффективность в точной постановке стандартов и детальном анализе данных. Подход, базирующийся на точных измерениях расхода топлива через всесторонний анализ всех аспектов транспортировки и показателей эксплуатации, демонстрирует надежность и точность в расчетах, опираясь на возможности выполнения точных измерений.

Для точного прогнозирования расхода топлива необходимо разработать интегрированные математические модели, которые учитывают не только дорожные условия и характеристики автомобилей, но и климатические колебания. Тем не менее, даже с учетом этих факторов и адаптацией моделей под специфику транспортных средств, добиться абсолютной точности прогнозов сложно, в результате чего возможны ошибки в расчетах [8,10,11]. Подтверждение этих выводов требует применения статистических аналитических техник и проведения обширных эмпирических исследований [5,6,7].

Основные факторы, влияющие на расход топлива во время эксплуатации автотранспорта, охватывают оптимизацию маршрутов и грузовых нагрузок, протяженность пути для перемещения грузов и пассажиров, скоростные настройки транспортных средств, качество дорожного покрытия и климатические условия.

Установление норм потребления топлива для тягачей и автопоездов, с учетом грузоподъемности, выполняется в соответствии с формулой:

$$Q_H = (K + K_1 - 1)(Q_0 + Q_1 g_a \gamma \beta), \quad (1)$$

где K – коэффициент, учитывающий надбавку к расходу топлива на зимний период;

K_1 – коэффициент, учитывающий надбавку или снижение расхода топлива в зависимости от вида перевозок (сельскохозяйственные, карьерные и междугородные);

Q_0 – линейная норма расхода топлива, л/100 км;

Q_1 – норма расхода топлива на 100 т-км транспортной работы, л/100 т-км, (2,0 л – для автомобилей с карбюраторными двигателями и 1,3 л – с дизельными двигателями);

g_a – грузоподъемность автомобиля, т;

γ – коэффициент использования грузоподъемности;

β – коэффициент использования пробега.

Для автомобилей, работающих с прицепами, норма расхода топлива может быть определена по формуле:

$$Q_{ap} = (K + K_1 - 1) \cdot [(Q_0 + g_{пр})] + Q_1 G_{пр} \quad (2)$$

где $g_{пр}$ – грузоподъемность прицепа, т;

$G_{пр}$ – масса прицепа, т.

Норму расхода топлива для автомобилей-самосвалов рассчитывают по формуле:

$$Q_{ac} = (K + K_1 - 1) \cdot (Q_0 + Q_c) \quad (3)$$

Где Q_c – надбавка к норме при работе с самосвальным механизмом, которая составляет 0,3 л на каждую езду на 100 км пробега.

Для легковых автомобилей, автобусов и грузовых автомобилей, работа которых не учитывается в тонно-километрах, применяют нормы расхода топлива с учетом только общего пробега:

$$Q_{пр} = \frac{(K + K_1 - 1) \cdot Q}{100} \cdot l, \quad (4)$$

где l – общий пробег автомобиля или автобуса, км.

При разработке стандартов потребления топлива ключевым аспектом является точное отображение исходных данных о потреблении, учитывающих множество переменных факторов. Корректировка результатов в соответствии с изменяющимися эксплуатационными условиями транспортных средств достигается за счет использования специализированных коррекционных коэффициентов. Тем не менее, нынешняя модель коррекции часто не способна адекватно отражать уникальные особенности различных условий эксплуатации и их влияние на конечное потребление топлива.

Важность верификации данных о потреблении топлива выделяет дисбаланс между предполагаемыми и фактическими значениями расхода, что акцентирует внимание на постоянном пересмотре стандартов и методологий измерения энергопотребления в автомобильной отрасли. Производственные и технические департаменты уделяют особое внимание строгому соблюдению установленных рамок использования топлива.

Одновременно, обслуживающие и управляющие подразделения транспортных средств фокусируются на поддержании и повышении их энергоэффективности. Определение нормативов по расходу топлива предполагает тщательное исследование технических характеристик и состояния автомобилей, что направлено на улучшение их работоспособности. В этой связи основные приоритеты производственно-технических отделов включают своевременное обслуживание и ремонт транспортных средств, а также использование исключительно сертифицированных видов топлива, масел и смазок.

Значительная доля топливного потребления на каждый проезжаемый километр тесно связана с различными аспектами использования и обслуживания автотранспорта. Критические параметры включают динамику передвижения, возможности



транспортировки грузов, а также эффективное использование дополнительного оборудования, например, прицепов. В анализе учитывается коэффициент производительности, подчеркивающий важность для компаний в логистической отрасли постоянно стремиться к оптимизации управленческих процессов и улучшению эффективности использования их автопарка.

Одной из критических задач в аспекте эффективности использования топлива является четкость установления личных норм его расхода при разнообразных условиях эксплуатации. Применение стратегии маршрутного нормирования позволяет уменьшить топливные расходы на 5-10 % благодаря детальному анализу параметров каждого отдельного маршрута. Этот подход не только способствует снижению расходов на топливо, но и стимулирует повышение эффективности и ответственности как управленческих кадров, так и водительского состава автотранспортных компаний. Сейчас эту методику активно используют в области автобусных перевозок. Возможно расширение этой методики на другие типы транспорта, в том числе на легковой и грузовой сегменты, особенно при наличии фиксированных маршрутов эксплуатации.

Процедура корректировки потребления топлива включает систематические инспекционные поездки, осуществляемые сотрудниками департаментов по снижению затрат в компаниях-перевозчиках к местам эксплуатации транспортных средств. Данные аудиты запланированы по строгим временным интервалам и проводятся на специализированном транспорте, таком как автобусы или автомобили. В процессе этих проверок производится детальный анализ технического уровня автотранспорта и актуализация данных для корректировки нормативов потребления топлива. Собранная информация фиксируется в рабочих документах, которые содержат ключевые данные о состоянии и использовании транспортного средства, его загрузке и других критических параметрах.

Расчет линейной нормы потребления топлива базируется на дистанции, пройденной автотранспортом, и не учитывает вес перевозимых товаров. Для самосвалов корректировка осуществляется через коэффициент 0,5, что позволяет учитывать транспортную эффективность. Это обеспечивает корректное определение объема использованного топлива в зависимости от реальной загруженности и интенсивности использования транспортного средства относительно его максимальной вместимости.

Реализация интегрированных систем управления движением, которые обеспечивают формирование "зеленой волны" на дорогах, способствует снижению потребления топлива на 12-15 % по сравнению с эксплуатацией без таких систем. Когда производится анализ расхода топлива, основанный на испытаниях в лабораторных условиях с использованием динамометрических установок, и сопоставление его с данными о реальном потреблении при движении по идеально ровной доро-

ге, выявляется значимая диспропорция, обусловленная рядом факторов, включая разницу между искусственными и реальными условиями эксплуатации транспорта. Такие выводы подтверждают необходимость корректировки и модификации существующих стандартов и нормативов по рациональному использованию топлива, учитывая специфику дорожной сети и различные режимы трафика.

В автомобильной промышленности установлены стандартные методики оценки эффективности потребления топлива для новейших моделей автомобилей, особое внимание уделяется условиям работы двигателя, которые позволяют оценить его топливную эффективность. В сегменте коммерческого транспорта эти методики включают измерения при двух основных скоростях – 60 км/ч и 80 км/ч, что позволяет анализировать экономию топлива в разных эксплуатационных режимах.

Мониторинг расхода топлива на скорости 40 км/ч критичен для оценивания топливной эффективности транспортного средства.

В анализе прогресса в области автомобилестроения и оптимизации потребления топлива для легковых машин введены усиленные критерии. С начала 2000-х годов стандарты экономичности при установленных условиях движения стали строже.

При проведении исследований в области транспортных систем с основной целью анализа их эффективности используется критерий, известный как дорожная экономичность. Этот показатель является центральным при оценке энергоэффективности транспортных средств. В рамках анализа производительности автомобильных двигателей основное внимание уделяется удельному расходу топлива, который указывает на соотношение между количеством потребленного топлива и эффективностью работы транспортного средства.

Эффективность использования горячего транспортными средствами оценивается через их способность экономно расходовать топливо на различных скоростях. Для точного определения топливной эффективности автомобиль тестируется на специализированной трассе. Этот трек должен обладать идеально гладкой асфальтобетонной дорожной поверхностью, что гарантирует отсутствие дополнительных сопротивлений. Критически важно, чтобы длина трека составляла не менее 5 км, а сегмент для измерений строго соответствовал заданным параметрам для обеспечения надежности получаемых данных [2] – как минимум 1 км. Эффективность использования топлива в реалистичных и контролируемых лабораторных условиях измеряется расходом топлива на 100 км.

Оценка топливной эффективности транспортных средств зависит главным образом от реального потребления бензина в условиях городской езды. Для того чтобы точно измерить расход топлива, критически важно провести калибровку трансмиссии автомобиля и убедиться в идеальном состоянии шин перед началом тестов. Это снижает влияние экстернатальных переменных на итоговые результаты испытаний. Анализ эффек-



тивности проводится через мониторинг расхода топлива и анализ поведения автомобиля при замедлении с 50 км/ч до полной остановки без ручного применения тормозов [1,9]. Этот метод позволяет оценить сопротивление качения шин, что существенно влияет на общую топливную эффективность автомобиля.

Обычно после того, как машина проезжает от 15 до 30 км, она достигает оптимального расхода топлива, что особенно заметно при изменении температуры окружающей среды от 5 до 20° С.

Приведенные испытания не в полной мере отражают реальное влияние условий эксплуатации авто на его расход топлива в режиме вождения.

Разработано программное обеспечение для автоматизированного определения нормы потре-

бления топлива транспортным средством КамАЗ 54901-70014-СА, включающее функции построения графиков, отображающих зависимость данной нормы от пройденного расстояния, для последующего анализа этих данных.

Программный код определяет стандарты потребления топлива автомобилем при его стандартной массе, учётные нормативы на выполненный грузоподъём, количество транспортных операций и корректирующие множители для стандартов.

При выполнении работы программа демонстрирует графики, показывающие линейную зависимость между итоговыми данными по расходу топлива без использования системы климат-контроля и с ее применением (рис.).

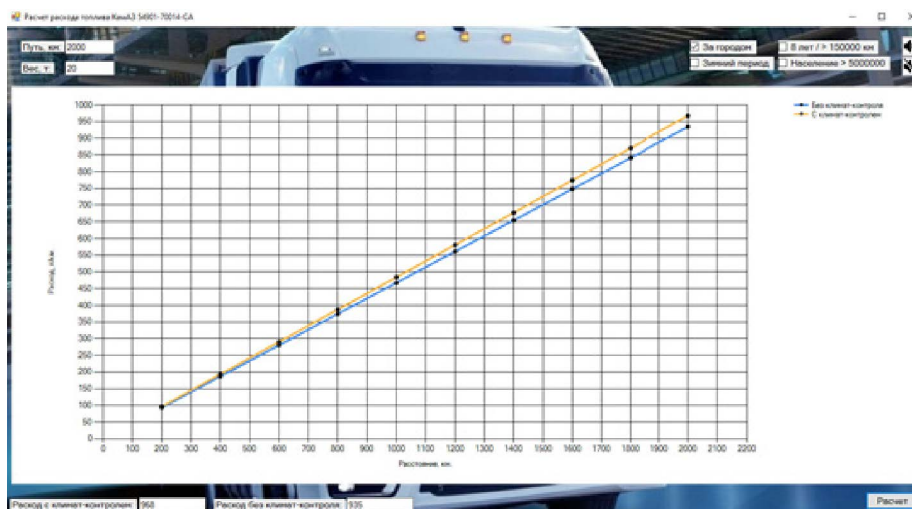


Рис. – Форма с выводом всей информации, производимой программой
Fig. – Form with the output of all information produced by the program

Специфический расход топлива характеризует объем топлива, используемого за время на выработку одной единицы мощности:

$$1000 \cdot \frac{G_t}{N_e}, \quad (5)$$

где G_t – часовой расход топлива, кг/ч;
 N_e – эффективная мощность, кВт.

Наличие груза в автомобиле ведет к повышенному расходу топлива [4]. Движение авто с полной загрузкой по ровной магистрали увеличивает потребление бензина на 20-25 % против кейсов, когда машина перевозит исключительно водителя без дополнительных грузов.

В документе говорится, что транспортные компании под управлением автопарка могли использовать адаптированные тарифные ставки, которые включали допустимые регулировки, как стимулирующие, так и ограничивающие. Эти корректировки основывались на фактическом функционировании их транспортных средств, при условии соблюдения законодательно определенных пределов.

Зимнее время сопровождается увеличением потребления топлива автомобилями из-за необходимости адаптации к холодным погодным условиям. В южных районах с более мягким климатом дополнительный расход топлива обычно составляет приблизительно 5 %. В северных регионах,

где климатические условия жестче, этот показатель может достигать 15 %. В Арктических зонах, подвергающихся экстремальным морозам, потребление топлива может увеличиваться более чем на 20 %. Для большей части территорий страны характерно возрастание данного показателя на 10 %. Особенно важно отметить, что на севере в рамках Сибирского Федерального округа замечено увеличение до 20 %.

В ходе научного исследования было проведено глубокое изучение проблематики применения автомобилей. Осуществлено тщательное разделение эксплуатационных условий автотранспорта, учитывая множество погодных и климатических условий, что позволило определить основные факторы, влияющие на топливную эффективность и целесообразность использования транспортных средств в рамках экономической эффективности.

Заключение

На основании анализа данных следует акцентировать необходимость продолжения исследований в области повышения энергоэффективности автомобильного транспорта, учитывая специфику региональных условий использования. Разработка усовершенствованных методик точного измерения и стандартизации потребления топлива способствует улучшению экономической эффективности и минимизации экологических рисков, связанных с работой автотранспорта.

**Список источников**

1. Определение удельного электрического сопротивления сдвига фрикционной накладки тормозной колодки относительно металлической пластины (корпуса) / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3(59). – С. 395-405. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-03-42. – EDN QYZCGS.
2. Метод ускоренного диагностирования форсунок на коксование / А. А. Карташов, А. В. Ляхно, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 176. – С. 85-95. – DOI 10.21515/1990-4665-176-007. – EDN JNHQVV.
3. Расчёт и моделирование параметров индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью / Н. В. Бышов, И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 4(60). – С. 350-369. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-04-34. – EDN RYDDXM.
4. Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Г. А. Борисов, Н. В. Лимаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3(55). – С. 360-369. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-45. – EDN SKDSPZ.
5. Обоснование применения ротационного питателя в пневматических машинах и агрегатах / А. В. Мачнев, В. А. Мачнев, К. З. Кухмазов [и др.] // Нива Поволжья. – 2022. – № 1(61). – С. 3001. – DOI 10.36461/NP.2022.61.1.002. – EDN ERAZIK.
6. Экспериментальное исследование на-пряженно-деформированного состояния юбки поршня двигателя внутреннего сгорания / С. В. Смирнов, В. В. Копылов, А. Р. Макаров [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 4(56). – С. 301-311. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-04-35. – EDN VNTNLL.
7. Исследование мощностных характеристик элемента пельтье / Д. Е. Каширин, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – № 1(49). – С. 129-136. – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.019. – EDN WVGLSB.
8. Воздействие ультразвуковой обработки смазочного масла на работу трибосопряжения с оценкой остаточных эффектов в масле / А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, Н. В. Бышов, М. Н. Слюсарев // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 5. – С. 599-606. – EDN JSFJXY.
9. Вероятностная модель прогнозирования износа тормозных колодок / И. А. Успенский, Н. В. Лимаренко, Е. А. Ракул [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – Т. 13, № 3. – С. 112-119. – DOI 10.36508/RSATU.2021.91.36.016. – EDN QDXZZE.
10. Арженовский, А. Г. Методика расчета показателей работы машинно-тракторных агрегатов при использовании активированного топлива / А. Г. Арженовский, К. В. Коршенко, И. Н. Краснов // Вестник АПК Ставрополя. – 2021. – № 1(41). – С. 4-9. – DOI 10.31279/2222-9345-2021-10-41-4-9. – EDN AGWWCM.
11. Лобачевский, Я. П. Аспекты цифровизации Системы технологий и машин / Я. П. Лобачевский, В. М. Бейлис, Ю. С. Ценч // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 3(36). – С. 40-45. – EDN RLCDDO.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Opredeleniye udel'nogo elektricheskogo soprotivleniya sdviga friktsionnoy nakladki tormoznoy kolodki otnositel'no metallicheskoj plastiny (korpusa) / I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, N. V. Limarenko [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2020. – № 3(59). – S. 395-405. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-03-42. – EDN QYZCGS.
2. Metod uskorennoy diagnostirovaniya forsunok na koksovaniye / A. A. Kartashov, A. V. Lakhno, I. A. Uspenskiy [i dr.] // Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 176. – S. 85-95. – DOI 10.21515/1990-4665-176-007. – EDN JNHQVV.
3. Raschot i modelirovaniye parametrov induktora elektricheskogo apparata s nesoglasovannoy podvizhnoy chast'yu / N. V. Byshov, I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, N. V. Limarenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2020. – № 4(60). – S. 350-369. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-04-34. – EDN RYDDXM.
4. Issledovaniye vliyaniya parametrov rabochikh tel induktora na koeffitsiyent moshchnosti / I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, G. A. Borisov, N. V. Limarenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2019. – № 3(55). – S. 360-369. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-45. – EDN SKDSPZ.
5. Obosnovaniye primeneniya rotatsionnogo pitatelya v pnevmaticheskikh mashinakh i agregatakh / A. V. Machnev, V. A. Machnev, K. Z. Kukhmazov [i dr.] // Niva Povolzh'ya. – 2022. – № 1(61). – S. 3001. – DOI 10.36461/NP.2022.61.1.002. – EDN ERAZIK.



6. Eksperimental'noye issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya yubki porshnya dvigatelya vnutrennego sgoraniya / S. V. Smirnov, V. V. Kopylov, A. R. Makarov [i dr.] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye*. – 2019. – № 4(56). – S. 301-311. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-04-35. – EDN VNTNLL.
7. Issledovaniye moshchnostnykh kharakteristik elementa pel't'ye / D. Ye. Kashirin, I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2021. – № 1(49). – S. 129-136. – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.019. – EDN WVGLSB.
8. Vozdeystviye ul'trazvukovoy obrabotki smazochnogo masla na rabotu tribosopryazheniya s otsenkoy ostatochnykh effektiv v masle / A. A. Simdyankin, I. A. Uspenskiy, N. V. Byshov, M. N. Slyusarev // *Treniye i iznos*. – 2019. – T. 40, № 5. – S. 599-606. – EDN JSFJXY.
9. Veroyatnostnaya model' prognozirovaniya iznosa tormoznykh kolodok / I. A. Uspenskiy, N. V. Limarenko, Ye. A. Rakul [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2021. – T. 13, № 3. – S. 112-119. – DOI 10.36508/RSATU.2021.91.36.016. – EDN QDXZZE.
10. Arzhenovskiy, A. G. Metodika rascheta pokazateley raboty mashinno-traktornykh agregatov pri ispol'zovanii aktivirovannogo topliva / A. G. Arzhenovskiy, K. V. Korshenko, I. N. Krasnov // *Vestnik APK Stavropol'ya*. – 2021. – № 1(41). – S. 4-9. – DOI 10.31279/2222-9345-2021-10-41-4-9. – EDN AGWWCM.
11. Lobachevskiy, YA. P. Aspekty tsifrovizatsii Sistemy tekhnologiy i mashin / YA. P. Lobachevskiy, V. M. Beylis, YU. S. Tsench // *Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK*. – 2019. – № 3(36). – S. 40-45. – EDN RLCDDO.

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 «Техническая эксплуатация транспорта», ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», ivan.uspensckij@ya.ru

Синицин Павел Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», Pasha.Sinitsin@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Автотрактарная техника и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева», yuival@rambler.ru

Мошнин Андрей Михайлович, аспирант, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева», Moshnin1999@ya.ru

Кутыраев Александр Андреевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева», kutyraev@bk.ru

Author Information

Uspenskiy Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, ivan.uspensckij@ya.ru

Sinitsin Pavel S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Pasha.Sinitsin@yandex.ru

Yukhin Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive and Tractor Equipment and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, yuival@rambler.ru

Moshnin Andrey M., Postgraduate Student, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Moshnin1999@ya.ru

Kutyraev Aleksandr A., Postgraduate Student, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, kutyraev@bk.ru

Статья поступила в редакцию 22.08.2025; одобрена после рецензирования 11.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 22.08.2025; approved after reviewing 11.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631:171

DOI: 10.36508/RSATU.2025.73.63.001

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СБОРА УРОЖАЯ И ХРАНЕНИЯ НА ЭЛЕВАТОРАХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БУНКЕРА-ПЕРЕГРУЗЧИКА**

Хуссейн Ибрагим Адил Хуссейн¹✉, Алшабеби альхаттаб Нихад Муса², Ал-жавхар Али Еззат Махди³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева г. Москва, Россия

¹ abu.alhumam6@gmail.com

² kt.na09@gmail.com

³ Ezata01@Gmail.com

Аннотация.

Проблема и цель – сравнение эффективности уборки урожая при различных методах сбора урожая.

Методология. Эксперимент проводился в районе Эс-Сувейра, расположенном в центральной части Ирака, который считается одним из важнейших сельскохозяйственных районов, специализирующихся на выращивании стратегических культур, включая пшеницу и ячмень. Общая площадь полей составляет 29 117 гектаров, было собрано 99 000 тонн пшеницы, а 50 000 тонн было перевезено на элеватор. Расстояние до зернового элеватора составляет 38,6 км. Остальная часть пшеницы поставляется в соседние провинции. Эффективность сбора урожая в полевых условиях рассчитана в условиях массовой уборки урожая с использованием бункеров, затем рассчитывалась стоимость сбора урожая, транспортировки и хранения с использованием методов, используемых в Ираке, и сравнена со стоимостью массовой уборки урожая с использованием бункеров.

Результаты. По математическим расчетам для процесса уборки урожая без использования бункера-перегрузчика, который в Ираке называется традиционной уборкой, производительность составила 4,01 т/ч, в то время как максимальная производительность комбайна New Holland TC-5040 составляет 10,21 т/ч, и при использовании комбайна с загрузочным бункером производительность комбайна New Holland TC-5040 составила 7,34 тонны в час, что значительно больше, чем при традиционной уборке за счет сокращения времени, затрачиваемого на разгрузку.

Заключение. В результате проведенного исследования было установлено, что рациональным количеством для работы при коллективном способе уборки урожая являются три комбайна с бункером, где эффективность обработки поля возросла до 0,71 % по сравнению с процентом обычной уборки, который составлял 0,39.

Ключевые слова: комбайн, бункер, массовая уборка, уборка урожая, эффективность работы на поле, время ожидания

Для цитирования: Хуссейн И.А., Муса А.Н., Махди А.А. Повышение эффективности сбора урожая и хранения на элеваторах с использованием бункера-перегрузчика // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета имени П.А. Костычева. 2025, Т.17, № 3, С.156-162 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.73.63.001>

Original article

**THE USE OF A HOPPER INCREASES THE EFFICIENCY OF HARVESTING AND STORAGE
IN ELEVATORS**

Hussein Ibrahim Adil Hussein¹✉, Alshababi alkhattab Nihad Musa², Al-jawhar Ali Ezzat Mahdi³

^{1,2,3} Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

¹ abu.alhumam6@gmail.com

² kt.na09@gmail.com

³ Ezata01@Gmail.com

**Abstract.**

Problem and purpose – comparison of harvesting efficiency with different harvesting methods

Methodology. The experiment was conducted in the area of Essaouira, located in the central part of Iraq, which is considered one of the most important agricultural areas specializing in the cultivation of strategic crops, including wheat and barley, with a total field area of 29,117 hectares, 99,000 tons were harvested, and 50,000 tons were transported to the region. the elevator area. A grain elevator is 38.6 km away. The rest of the wheat is supplied to neighboring provinces. The efficiency of harvesting in the field will be calculated by mass harvesting using bunkers, then calculate the cost of harvesting, transportation and storage using the methods used in Iraq, and compare this with calculating the cost of mass harvesting using bunkers

Results. After performing mathematical calculations for the harvesting process without using a hopper, which in Iraq is called traditional harvesting, the productivity was 4.01 t/h, while the ideal productivity of the New Holland TC-5040 combine was 10.21 t/h, but when using a combine with a loading hopper, the productivity of the combine was the productivity of the New Holland TC-5040 combine it was 10.21 t/h. The productivity of the combine with a loading hopper was 7.34 tons per hour. This is significantly increased by reducing the time spent on loading, unloading and returning from the edge of the field.

Conclusion. As a result of the study, it was found that the ideal amount for working with a collective harvesting method is three combine harvesters with a hopper, where the efficiency of field processing increased to 0.71 compared to the percentage of regular harvesting, which was 0.39.

Key words: combine harvester, bunker, mass harvesting, harvesting, field efficiency, waiting time

For citation: Hussein H. I. A., Musa A. A. N., Mehdi AL-J. A. E. The use of a hopper increases the efficiency of harvesting and storage in elevators. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2025, Vol. 17, No. 3, P. 156-162 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.73.63.001>

Введение

Важные услуги по механизации сельского хозяйства в процессе выращивания зерновых в Ираке включают в себя эксплуатацию тракторов, комбайнов, машин для транспортировки урожая. Сельскохозяйственное оборудование делится на два типа: от личного владельца – 30 % или через лизинг у специализированных частных компаний – 70 % [1, 6, 7]. Хотя службы механизации сельского хозяйства являются активным и очень важным звеном в сельском хозяйстве, их количество и использование еще не достигло необходимого уровня с точки зрения повышения уровня растениеводства в целом и зерновых культур в частности [4]. Кроме того, исследование показало, что, хотя услуги по механизации сельского хозяйства уже давно используются в Ираке в качестве основного фактора увеличения сельскохозяйственного производства, количество работающей сельскохозяйственной техники (тракторов, комбайнов) [8,9] все еще невелико по сравнению с развитыми странами и не способствовало увеличению площадей и объема производства – сельскохозяйственное производство является средним. Колебания в производстве зерна приводят к высокому проценту потерь из-за плохого планирования и примитивных методов, связанных со сбором урожая, транспортировкой и хранением, поскольку Ирак по-прежнему полагается на хранение зерна на элеваторах, расположенных на значительном расстоянии от полей. Исходя из вышеизложенного [10,11,12], мы будем работать над поиском современных методов сбора урожая, транспортировки и хранения, которые могут быть внедрены в Ираке с целью повышения эффективности полевых работ и снижения потерь, включая массовую уборку урожая с использованием бункера-перегрузчика [13,14].

Материалы и методы исследований

Эксперимент проводился в мухафазе Васит, рас-

положенной в центральной части Ирака, которая считается одним из важнейших сельскохозяйственных районов, специализирующихся на выращивании стратегических культур, включая пшеницу и ячмень, где общая площадь полей составляет около 29 117 гектаров и где было собрано почти 99 000 тонн, половина из которых была перевезена в Ирак на элеватор, находящийся в 38,6 км, в той же провинции. Оставшийся урожай, составляющий 50 тысяч тонн, был перевезен на элеватор в соседнем районе Насирия, который находится в 72 км, с целью его хранения и использования по мере необходимости. Чем выше производительность, тем больше объем потерь, и необходимо повысить эффективность работы на поле, чтобы снизить потери до минимально возможного уровня. Затраты на сбор урожая, транспортировку и хранение будут рассчитаны для методов, используемых в Ираке, без использования бункера-перегрузчика, и сопоставлены со стоимостью сбора урожая с использованием бункера-перегрузчика с комбайном. А также с использованием различных математических методов рассчитана эффективность уборки, урожайность культуры, выполнены расчеты для каждой единицы уборочно-транспортного комплекса в сборе с использованием комбайна New Holland tech 5040. Для расчета производительности комбайна все необходимые значения были получены с использованием формул:

$$W_{\text{ч}} = 0,1 B_p \cdot v_p \cdot H, \quad (1)$$

Время выгрузки бункера комбайна $t_{\text{згр}}$ (ч) рассчитываем по формуле:

$$t_{\text{выгр}} = \frac{Q_{\text{бунк}}}{V_{\text{выгр}}} \quad (2)$$

где: $V_{\text{выгр}}$ – скорость выгрузки зерна, м³/ч;

Баланс времени смены определяем по формуле:



$$T_{\text{см}} = T_{\text{раб}} + T_{\text{ожид}} + T_{\text{поворот}} + T_{\text{у тех о}} + T_{\text{физ}} + T_{\text{выгр}} + T_{\text{переезда}}$$

(3) где

$T_{\text{выгр}}$ – время выгрузки сборного бункера, ч;

$T_{\text{раб}}$ – рабочее время, ч;

$T_{\text{ожид}}$ – время ожидания, ч;

$T_{\text{у тех о}}$ – время устранения технических отказов, ч;

$T_{\text{физ}}$ – время физических потребностей и отдыха, ч;

$T_{\text{переезда}}$ – время переезда с одного поля на другое, ч.

Чтобы определить T рабочее время смены, используется следующая формула:

$$T_{\text{раб}} = T_{\text{см}} - (T_{\text{ожид}} + T_{\text{у тех о}} + T_{\text{загр}} + T_{\text{физ}} + T_{\text{поворот}} + T_{\text{переезда}})$$

Коэффициент использования времени смены τ [2]:

$$\tau = \frac{T_{\text{раб}}}{T_{\text{см}}} \quad (5)$$

Производительность комбайна за один час сменного времени $W_{\text{см}}$ определим по формуле:

$$W_{\text{см}} = W_{\text{ч}} \cdot \tau \quad (6)$$

С помощью формул, которые были перечислены и подробно объяснены ранее, рассчитывается производительность комбайна при работе с урожаем методом, используемым в Ираке, а именно при индивидуальной уборке урожая без использования современных технологий, но с целью расчета количества комбайнов, необходимых для завершения сбора урожая с использованием при массовом сборе урожая без остановки; для оптимального расчета расхода используются следующие формулы:

$$P_K(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (7)$$

где $P_K(t)$ – вероятность поступления к требованиям за t время; t – величина фиксированного интервала времени; λ – параметр потока (математическое ожидание числа требований, поступивших в единицу времени);

λt – параметр закона Пуассона [3,4].

Если интенсивность потока требований в расчете λ на одну машину, то:

$$\lambda = \frac{N_1}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{1}{t_{\text{за}}} \quad (8)$$

где: N – число требований, поступающих от одного агрегата за время;

t_i – интервал времени между поступлениями i -го и $i + 1$ -го требованиями,

Интенсивность обслуживания μ (математиче-

ское ожидание числа заявок, обслуженных в единицу времени)

$$\mu = \frac{N_1}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{1}{t_{\text{обсл}}} \quad (9)$$

где: N_1 – число требований разгрузки;

$\sum_{i=1}^n t_i$ – общее время разгрузки N_1 - требований.

находим вероятность k -го состояния:

$$K_{np} = \frac{L_1}{m} = \frac{1}{m} \sum_{k=n+1}^m (k - n) p_k \quad (10)$$

где: m , n – число агрегатов в обслуживаемых звеньях.

С учетом коэффициентов остановки и количества машин общие эксплуатационные расходы уборочно-транспортного комплекса определяются формулой

$$C = \frac{mC_m + nC_n}{w_j m(1 - K_{np})} \quad (11)$$

Согласно общему плану работ у нас есть два варианта выполнения работ, и для расчета затрат на каждую работу в отдельности используются формулы (12,13), где первая представляет схему расчета затрат в рублях на тонну работ по индивидуальной уборке урожая, а вторая представляет схему расчета затрат на коллективный сбор урожая [5]

$$\Sigma C_{1\text{тех}} = \{C_{\text{зук1}} + C_{\text{авб1}} + C_{\text{хран1}}\} \quad (12)$$

Затраты на уборку урожая по принятой схеме 2: уборка урожая с использованием зерноуборочного комбайна с бункером, выгрузка бункера-перегрузчика в грузовой автомобиль на краю поля и транспортировка зерна на элеваторы 1 и 2 на разницу в расстоянии между двумя элеваторами осуществляется по формуле:

$$\Sigma C_{1\text{тех}} = \{C_{\text{зук1}} + C_{\text{авб1}} + C_{\text{хран1}} + C_{\text{зук2}} + C_{\text{авб2}} + C_{\text{хран2}}\} \quad (13)$$

где $C_{\text{зук2}}$ – затраты на использование бункера перегрузчика с комбайном.

Что касается затрат на хранение, то они рассчитываются путем умножения затрат на тонну на срок хранения, а затраты известны через веб-сайт министерства и варьируются из года в год, в зависимости от экономической ситуации. Транспортные расходы рассчитываются по формуле (14)

$$(t_1 + t_2) \cdot g_{\text{руб/час}} + p_{\text{т/руб}} \cdot Q_T \quad (14)$$

где Q_T – общее количество перевезенного зерна, т.

Затраты рассчитываются как время ожидания и суммируются с дорожными расходами, т/руб. км. После использования математических формул для определения урожайности и эффективности, с помощью которых рассчитываются затраты на традиционную уборку урожая без учета технологии, все результаты были помещены в таблицу 1.



Таблица 1 – Исходные данные для расчета затрат на сельскохозяйственное оборудование

Оборудование	Комбайн (New Holland TC 5040)	Бункер AGRESTO (БПЗ-16)
Б, тыс руб	6100	2930,3
Т _{год} , час	420	1450
Т _{лет}	15	15
С _{тсм} , руб	984	620
С _{АМОРТ} , руб	480	25
С _{ЗТО} , руб	894.8	471
С _{СТРОХ} , руб	397	0
С _{ТРУДА} , руб	680	500
Σс, руб/ час	3435,8	1616

Что касается затрат на коллективный труд, то они были получены в результате применения нескольких моделей коллективного труда с использованием бункера-перегрузчика с комбайном, бункера-перегрузчика с двумя комбайнами, бункера-перегрузчика с тремя комбайнами и четырех

комбайнов с одним бункером. В таблице 2 приведен алгоритм расчета эффективности использования трех комбайнов с одним бункером, где количество доступных сервисных модулей – (n-k), количество единиц, ожидающих обслуживания – (k-n), количество потребностей – k в системе.

Таблица 2 – Алгоритм расчета эффективности использования трех комбайнов с одним бункером-перегрузчиком для массовой уборки урожая

К	(k-n)	(n-k)	$\frac{R_k}{P_0}$	P _k	K _{Рк}	(k-n)·K _{Рк}	(n-k)·K _{Рк}
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	1	1	0,418	0	0	0,418
1	0	0	0,974	0,407	0,407	0	0
2	1	0	0,211	0,088	0,176	0,088	0
3	2	0	0,205	0,085	0,255	0,17	0
			2.39	1.00	0.838	0.258	0.418

После завершения расчетов стоимость уборки за тонну была рассчитана с использованием разного количества комбайнов. Поскольку стоимость за тонну/рубль отличалась в зависимости от количества комбайнов, чтобы получить наиболее

подходящий вариант, показанный на рисунке, в таблице 3 есть четыре варианта, где мы отмечаем существенную разницу между различными вариантами.

Таблица 3 – Затраты на рабочую силу при использовании различных настроек количества комбайнов

Количество комбайнов	Количество бункеров перегрузчиков	K _{пр}	K _{пр} '	Σ $\frac{с}{руб/Т}$
1	1	0,000	0,756	691
2	1	0,056	0,570	614.9
3	1	0,086	0,418	594.8
4	1	0,198	0,289	654.9

Проведя сравнение, мы отмечаем, что третий рабочий вариант является наиболее подходящим по цене 594,8 руб./т. Затраты на рабочую силу для

каждого варианта, а также разница в ключевых показателях эффективности четырех бизнес-вариантов (рис. 1).

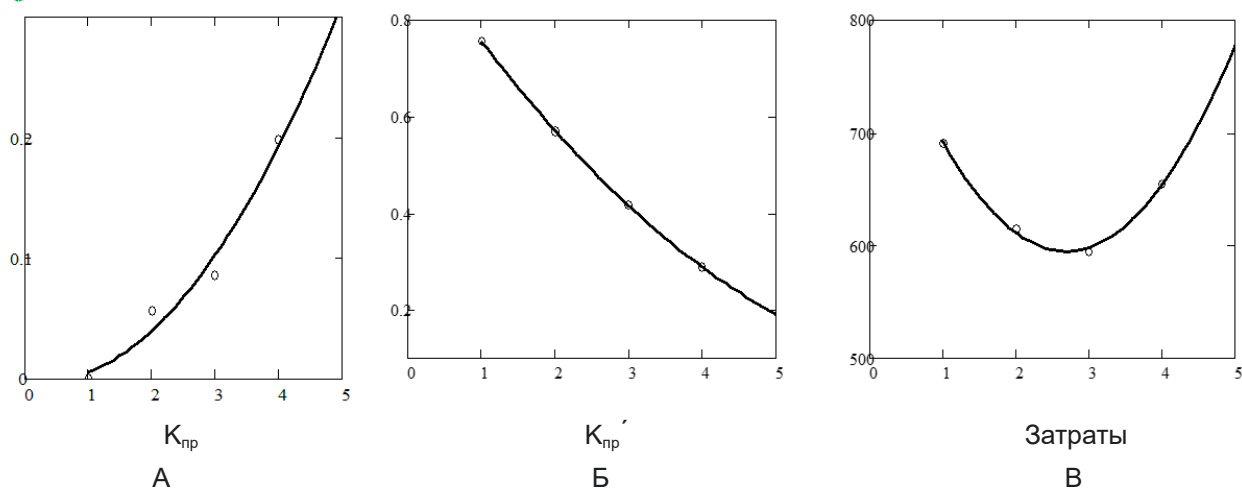


Рис. 1 – Зависимость простоя комбайна (А), бункера-перегрузчика (Б) и суммарные затраты (В) при использовании одного бункера-перегрузчика и разного количества комбайнов [2,4].

Fig. 1 – Dependence of the downtime of the combine (A), the bunker-transferer (B) and the total costs (C) when using 1 bunker-transferer and a different number of combines [2,4].

Результаты и их обсуждение

В таблице 4 с помощью формул были получены все необходимые значения для рабочих параметров перед использованием бункера-перегрузчика (1,2,3,4,5). С помощью формул (12, 13, 14) были

получены значения для сбора урожая, транспортировки и хранения до и после использования бункера-перегрузчика, поскольку в обоих случаях затраты в рублях на тонну были рассчитаны с целью получения наиболее подходящего варианта.

Таблица 4 – Механизм расчета затрат на сбор урожая, транспортировку и хранение, руб./т.

Затраты на сбор урожая без применения современных технологий		
Затраты на уборку урожая зерноуборочным комбайном без бункера-перегрузчика и хранение на элеваторе 1 (на расстоянии 38,6 км) 2056,9		
Затраты на уборку урожая 1 887,9	Транспортные расходы 1 473	Затраты на хранение в элеваторе 1696
Затраты на уборку урожая зерноуборочным комбайном без бункера-перегрузчика и хранение на элеваторе 2 (на расстоянии 72 км) 2136,9		
Затраты на уборку урожая 2 887,9	Транспортные расходы 2 553	Затраты на хранение в элеваторе 2 696
Затраты на уборку урожая с использованием комбайна с бункером и хранение на элеваторах		
Затраты на уборку урожая комбайном с бункером и хранение в элеваторе 1 (на расстоянии 38.6 км) 1563,8		
Затраты на уборку урожая с использованием бункера-перегрузчика 1 594,8	Транспортные расходы 1 273	Затраты на хранение в элеваторе 1 696
Затраты на уборку урожая комбайном с бункером и хранение в элеваторе 2 (на расстоянии 72 км) 1643		
Затраты на уборку урожая с использованием бункера-перегрузчика 2 594,8	Транспортные расходы 2 352.2	Затраты на хранение в элеваторе 2 696

На рисунке 2 показана разница в затратах между методом сбора урожая, используемым в Ираке, который приводит к очень высокому уровню потерь, и методом использования бункера-перегрузчика

с комбайном для непрерывной массовой уборки без остановки, и этот метод широко используется в развитых странах, таких как Российская Федерация, Китай, а также Аргентина.

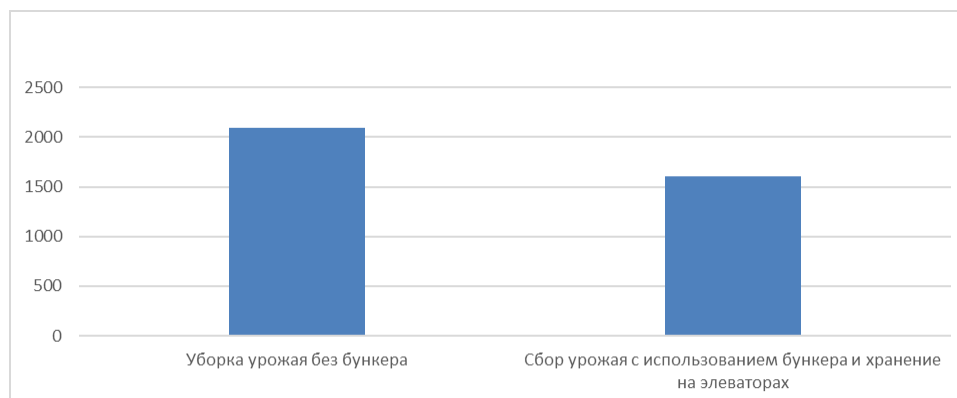


Рис. 2 – Сравнение затрат на уборку, транспортировку и хранение зерна без и с использованием бункера-перегрузчика

Fig. 2 – Comparison of costs for harvesting, transporting and storing grain without and with the use of a reloader bunker

Заключение

Поиск решения проблемы потери времени в процессе сбора урожая, которая считается одной из самых важных проблем, с которыми сталкивается Ирак, поскольку сезон сбора урожая очень короткий, в лучшем случае не превышает 20 дней, очень необходим, поскольку из-за потери времени мы теряем большое количество зерна – процент составляет до 17. Потеря времени происходит из-за использования примитивного метода уборки без бункера-перегрузчика, при котором эффективность обработки поля достигает 39 %, а это очень мало по сравнению с развитыми странами, такими как Россия и Китай, использующими современные технологии. Например, при использовании бункера-перегрузчика с группой комбайнов эффективность работы на поле увеличивается до 71 %, при этом процент потерь времени уменьшается, поскольку комбайну нет необходимости выезжать на край поля для выгрузки урожая, а затем возвращаться на поле для продолжения уборки. Что касается затрат, связанных с эффективностью работы на поле, затраты снизились на 23,5 % с 2096,9 руб./т до 1603,1 руб./т и составили 594,8 рубля за тонну при использовании коллективной уборки для работы в режиме нон-стоп с оптимальным количеством комбайнов в группе – 3 и одним бункером. Работу таким образом можно считать одним из способов, помогающих решить проблему нехватки сельскохозяйственной техники, в том числе тракторов и комбайнов без необходимости приобретения новой техники, которая обходится в большие суммы, сэкономить которые в настоящий момент невозможно: Ирак переживает трудное экономическое время.

Список источников

1. Альшина И. И. Х. Д. Д. Обоснование технологических режимов и параметров процесса триерной очистки ячменя от коротких примесей: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Х. Д. Д. Альшина И. И. – Тамбов. - 2022. – 199 с
2. Зангиев А. А., Лыпко Г. П., Скороходов А. Н. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 1996. – 320 с
3. Левшин А. Г., Измайлов А. Ю., Евтюшенков Н. Е. Транспортное обеспечение производственных процессов. Учебное пособие. - М.: МГАУ, 2007.
4. Организация транспортных услуг и безопасность транспортного процесса: учебное пособие / М. А. Арсланов. Махачкала: ДагГАУ имени

М. М. Джамбулатова, 2020. 392 с.

5. Шевченко В. А., Фирсов И. П., Соловьев А. М., Гаспарян И. Н. Практикум по технологии производства продукции растениеводства: Учебник / Под ред. проф. И. П. Фирсова. СПб.: Издательство "Лань", 2014. - 400 с.
6. Alani L. A. F., Alhiyali A. D. K. Forecasting wheat productivity in Iraq for the period 2019-2025 using Markov chains //Iraqi Journal of Agricultural Sciences. – 2021. – Т. 52. – №. 2. – С. 411-421.
7. Al-Ansari N., Abed S. A., Ewain S. H. Agriculture in Iraq //Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering. – 2021. – Т. 11. – №. 2. – С. 223-241.
8. Al-Tahan The study of the assessment of certain economic parameters through the use of various mechanization systems under semi-arid conditions //Mesopotamia journal of agriculture. – 2008. – Т. 36. – №. 4. – С. 181-186.
9. Kadhim Z. R. et al. Break-Even Analysis for Hiring Decision of Agricultural Mechanization Services in Iraq //Ama-Agricultural Mechanization In Asia Africa and Latin America. – 2018. – Т. 49. – №. 4. – С. 44-48.
10. Man N. et al. Transactions Costs Analysis of Agricultural Machinery Hiring Decision in Iraq // Manag. Sci. Eng. – 2016. – Т. 10. – №. 104. – С. 75-86.
11. Ministry of Planning and Development Cooperation- Iraq, the Central Organization of Statistics and Information Technology, Department of Agricultural Statistics, Annual Statistical Group. 2016. Iraqi Population of Years 1977-2016, Printed Data.
12. Noori N. S., Al-Hilali A. D. K. An economic analysis of determinants of wheat production support in Iraq for the period 1990-2016 //Iraqi journal of agricultural sciences. – 2019. – Т. 50. – №. 4. – С. 1028-1036.
13. Pourimani R., Mortazavi Shahrud S. M. Radiological assessment of the artificial and natural radionuclide concentrations of wheat and barley samples in Karbala, Iraq //Iranian Journal of Medical Physics. – 2018. – Т. 15. – №. 2. – С. 126-131.
14. Qader S. H., Dash J., Atkinson P. M. Forecasting wheat and barley crop production in arid and semi-arid regions using remotely sensed primary productivity and crop phenology: A case study in Iraq //Science of the total Environment. – 2018. – Т. 613. – С. 250-262.



Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Al'shinayin K.H.D.D. Obosnovaniye tekhnologicheskikh rezhimov i parametrov protsessa triyernoy ochistki yachmenya ot korotkikh primesey: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / K.H.D.D. Al'shinayin. – Tambov. – 2022. – 199s
2. Zangiyev A.A., L'npko G.P., Skorokhodov A.N. Proizvodstvennaya ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka. M.: Kolos, 1996. – 320 s
3. Levshin A.G., Izmaylov A.YU., Yevtyushenkov N.Ye. Transportnoye obespecheniye proizvodstvennykh protsessov. Uchebnoye posobiye. – M.: MGAU, 2007.
4. Organizatsiya transportnykh uslug i bezopasnost' transportnogo protsessa: uchebnoye posobiye / M. A. Arslanov. Makhachkala: DagGAU imeni M.M.Dzhambulatova, 2020. 392 s.
5. Shevchenko V.A., Firsov I.P., Solov'yev A.M., Gasparyan I.N. Praktikum po tekhnologii proizvodstva produktsii rasteniyevodstva: Uchebnik / Pod red. prof. I.P. Firsova. SPb.: Izdatel'stvo "Lan", 2014. – 400 s.
6. Alani L. A. F., Alhiyali A. D. K. Forecasting wheat productivity in Iraq for the period 2019-2025 using Markov chains //Iraqi Journal of Agricultural Sciences. – 2021. – T. 52. – №. 2. – S. 411-421.
7. Al-Ansari N., Abed S. A., Ewain S. H. Agriculture in Iraq //Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering. – 2021. – T. 11. – №. 2. – S. 223-241.
8. Al-Tahan The study of the assessment of certain economic parameters through the use of various mechanization systems under semi-arid conditions //Mesopotamia journal of agriculture. – 2008. – T. 36. – №. 4. – S. 181-186.
9. Kadhim Z. R. et al. Break-Even Analysis for Hiring Decision of Agricultural Mechanization Services in Iraq //Ama-Agricultural Mechanization In Asia Africa and Latin America. – 2018. – T. 49. – №. 4. – S. 44-48.
10. Man N. et al. Transactions Costs Analysis of Agricultural Machinery Hiring Decision in Iraq //Manag. Sci. Eng. – 2016. – T. 10. – №. 104. – S. 75-86.
11. Ministry of Planning and Development Cooperation- Iraq, the Central Organization of Statistics and Information Technology, Department of Agricultural Statistics, Annual Statistical Group. 2016. Iraqi Population of Years 1977-2016, Printed Data.
12. Noori N. S., Al-Hilali A. D. K. An economic analysis of determinants of wheat production support in Iraq for the period 1990-2016 //Iraqi journal of agricultural sciences. – 2019. – T. 50. – №. 4. – S. 1028-1036.
13. Pourimani R., Mortazavi Shahrud S. M. Radiological assessment of the artificial and natural radionuclide concentrations of wheat and barley samples in Karbala, Iraq //Iranian Journal of Medical Physics. – 2018. – T. 15. – №. 2. – S. 126-131.
14. Qader S. H., Dash J., Atkinson P. M. Forecasting wheat and barley crop production in arid and semi-arid regions using remotely sensed primary productivity and crop phenology: A case study in Iraq //Science of the total Environment. – 2018. – T. 613. – S. 250-262

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

Хуссейн Ибрагим Адил Хуссейн, аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева г. Москва, Россия, abu.alhumam6@gmail.com

Алшабеби альхаттаб Нихад Муса, аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева г. Москва, Россия, kt.na09@gmail.com

Ал-жавхар Али Еззат Махди, аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева г. Москва, Россия, Ezata01@Gmail.com

Author Information

Hussein Ibrahim Adil Hussein, Postgraduate Student, Department of Machine and Tractor Fleet Operation, RGAU-MTAA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia, abu.alhumam6@gmail.com

Alshabebi Alkhatab Nihad Musa, Postgraduate Student, Department of Machine and Tractor Fleet Operation, RGAU-MTAA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia, kt.na09@gmail.com

Al-jawhar Ali Ezzat Mahdi, Postgraduate Student, Department of Machine and Tractor Fleet Operation, RGAU-MTAA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia, Ezata01@Gmail.com

Статья поступила в редакцию 08.08.2025; одобрена после рецензирования 08.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 08.08.2025; approved after reviewing 02.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.