

ISSN 2077-2084

Том 15, №2, '2023

12+

10.36508/RSATU.2023.59.85.001

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 15, № 2, 2023

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, доцент

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

Члены редакционной коллегии:

- | | |
|---|--|
| <p>Л. А. Антипкина, канд. с.-х. наук, доцент
Н. Г. Байбобоев, д-р техн. наук, профессор
С. Н. Борычев, д-р техн. 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
К. Н. Дрожжин, канд. с.-х. наук, доцент
В. И. Желязко, д-р с.-х. наук, профессор
А. М. Зайцев, канд. с.-х. наук
О. А. Захарова, д-р с.-х. наук, профессор
В. В. Калашников, д-р с.-х. 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, доцент
Я. В. Костин, д-р с.-х. наук, профессор
К. К. Кулибеков, канд. с.-х. наук
В. И. Левин, д-р с.-х. наук, профессор
Н. В. Лимаренко, канд. техн. наук, доцент
О. В. Лукьянова, канд. с.-х. наук, доцент
Ю. А. Мажайский, д-р с.-х. наук, профессор
В. П. Максименко, д-р с.-х. наук, доцент
Н. И. Морозова, д-р с.-х. наук, профессор</p> | <p>Ф. А. Мусаев, д-р с.-х. наук, профессор
М. Г. Мустафаев, д-р аграрных наук, доцент
А. И. Новак, д-р биол. наук, доцент
М. Д. Новак, д-р биол. наук, профессор
Г. В. Ольгаренко, д-р с.-х. наук, профессор
Е. Н. Правдина, канд. с.-х. наук, доцент
Г. К. Рембалович, д-р техн. наук, доцент
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, доцент
Д. И. Удавлиев, д-р биол. наук, профессор
И. А. Успенский, д-р техн. наук, профессор
Р. Н. Ушаков, д-р с.-х. наук, профессор
Г. Н. Фадькин, канд. с.-х. наук, доцент
О. А. Федосова, канд. биол. наук, доцент
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
Ю. Х. Шогенов, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, академик РАН
И. А. Юхин, д-р техн. наук, профессор</p> |
|---|--|

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 № 1557
Дата выхода в свет 29.06.2023.

Регистрационная запись СМИ ПИ № ФС77-51956, зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 29 ноября 2012 г.

Отпечатано в Издательстве ФГБОУ ВО РГАТУ. Адрес издательства, типографии: г. Рязань, ул. Костычева, д. 1., ауд. 103. Цена издания 185 руб. 50 коп.
Подписной индекс издания в каталоге "Пресса России" 82422

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

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

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

Scientific-Production Journal

Issued since 2009
issued once a quarter

Tom 15 # 2, 2023

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 Science, Full
Professor

Editor in Chief Deputies

G. K. Rembalovich,
Doctor of Technical Science,
Associate Professor

Technical editor

I. V. Chivileva,
Candidate of Psychological Science

Editorial Staff:

- L. A. Antipkina,** Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
- N. G. Baiboboev,** Doctor of Technical Science, Full Professor
- S. N. Borychev,** Doctor of Technical Science, Full Professor
- M. A. Gabibov,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- G. V. Gavardashvili,** Doctor of Technical Science, Full Professor
- P. P. Gamayunov,** Doctor of Technical Science, Full Professor
- K. N. Drozhzhin,** Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
- V. I. Zhelyazko,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- A. M. Zaitsev,** Candidate of Agricultural Science
- O. A. Zakharova,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- V. V. Kalashnikov,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- D. E. Kashirin,** Doctor of Technical Science, Associate Professor
- L. G. Kashirina,** Doctor of Biological Sciences, Full Professor
- S. S. Kozak,** Doctor of Biological Science, Full Professor
- A. A. Korovushkin,** Doctor of Biological Science, Full Professor
- M. Y. Kostenko,** Doctor of Technical Science, Associate Professor
- Y. V. Kostin,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- K. K. Kulibekov,** Candidate of Agricultural Science
- V. I. Levin,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- N. V. Limarenko,** Candidate of Technical Science, Associate Professor
- O. V. Lukyanova,** Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
- Y. A. Mazhaysky,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- V. P. Maksimenko,** Doctor of Agricultural Science, Associate Professor
- N. I. Morozova,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- F. A. Musaev,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- M. G. Ogly. Mustafayev** Doctor of Agrarian Sciences, Associate Professor
- A. I. Novak,** Doctor of Biological Science, Associate Professor
- M. D. Novak,** Doctor of Biological Science, Full Professor
- G. V. Olgarenko,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- E. N. Pravdina,** Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
- G. K. Rembalovich,** Doctor of Technical Science, Associate Professor
- A. P. Savelyev,** Doctor of Technical Science, Full Professor
- O. V. Savina,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- V. G. Semenov,** Doctor of Biological Science, Full Professor
- A. A. Simdyankin,** Doctor of Technical Science, Full Professor
- O. I. Solovyeva,** Doctor of Agricultural Science, Associate Professor
- D. I. Udavliev,** Doctor of Biological Science, Full Professor
- I. A. Uspenskiy,** Doctor of Technical Science, Full Professor
- R. N. Ushakov,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- G. N. Fadkin,** Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
- O. A. Fedosova,** Candidate of Agricultural Science
- L. A. Khrabrova,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- M. N. Chatkin,** Doctor of Technical Science, Full Professor,
- A. F. Shevkhezhev,** Doctor of Agricultural Science, Full Professor
- A. V. Shemyakin,** Doctor of Technical Science, Full Professor
- Y. K. Shogenov** Doctor of Technical Science, Senior Researcher, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS)
- A. Yukhin,** Doctor of Technical Science, 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., room. 103.,
tel: 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Circulation 700. The first factory is 200. Order No. 1557 Date of
publication
Date of publication. 29.06.2023.

A record CMI PI № FS77-51956, registered by the Federal service for
supervision in the spherical of communications, information technology and
public communications on November 29, 2012

Printed in the Publishing house of the RGATU. Address of the publishing
house, printing house:

Ryazan, Kostycheva str., 1., room 103. the price of the publication is 185
rubles. 50 kopecks. Subscription index of the publication in the catalogue
"Press of Russia" 82422

Содержание

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Абдулхаликов Р.З., Шевхужев А.Ф., Айсанов З. М., Таов И.Х., Магомедов К.Г. Особенности роста и развития мускулатуры и скелета бычков, полученных от симментальской породы и помесей от скрещивания коров симментальской породы с быками абердин-ангусской пород	5
Касьянов А.А., Никитин Д.А., Семенов В.Г., Юлдашев А.А. Постодипломное, мониторинг инвазированности рыб, выловленных в водоемах ПФО (январь-февраль 2023)	14
Колесникова Т.А., Куликова М.А. Оптимизация параметров реагентного фракционирования жидких отходов свиного комплекса	23
Николаев С. И., Карапетян А. К., Дмитриева А. А. Совершенствование селекционно-генетических признаков у птиц яичных кроссов	30
Паевлов А.А. Оценка влияния гуминового удобрения при комплексном внесении с органическими и минеральными удобрениями на урожайность и качество вико-овсяной смеси	38
Пигорев И.Я., Никитина О.В. Удобрения и стимуляторы роста для некорневых подкормок озимой пшеницы	45
Позолотина В. А., Глотова Г. Н. Эффективность применения в племенном и промышленном кролиководстве добавок жира, их влияние на рост и развитие молодняка, продуктивность и воспроизводительные качества крольчих	52
Правдина Е.Н., Майорова Ж.С., Капитошина И.В., Кувшинова Е.А. Влияние скармливания экструдированных отходов грибоводства на общее состояние и откормочные качества молодняка свиней	60
Садовая И.И., Захарова О.А. Инновационный прием в технологии возделывания зерновых культур в звеньях севооборотов	66

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абдулмажидов Х.А. Разработка новых рабочих органов мелиоративных каналоочистителей для зоны осушения	75
Богданчиков И.Ю., Борычев С.Н. Результаты полевых испытаний сканирующего устройства машины для утилизации соломы в качестве удобрения	82
Вендин С.В., Саенко Ю.В., Семернина М.А. Конструкция двухбарабанной дробилки для измельчения пророщенного зерна	88
Голиков А. А., Паршков А. В., Дмитриев А. С., Подъяблонский А. В. Исследование адаптивной модели уборки картофеля	103
Грозовский Г.И., Левина Т.А., Шаипова А.Д., Каширин Д.Е., Клочков А.Я. Анализ опасностей и их влияние на работоспособность малых предприятий, оказывающих ремонтные услуги сельскохозяйственной технике	111
Евсеев Е.Ю., Рязанцев А.И., Рембалович Г.К., Антипов А.О., Мурог И.А. Технические решения по повышению производительности многофункциональной машины кругового действия на склоновых участках	119
Карякин С.Б., Максимов Е.А., Коломейченко А.В., Бачурин А.Н., Соловьев Р.Ю. Методика оценки рынка компонентов гидросистем, применяемых при производстве специализированной техники	125
Костенко М. Ю., Рембалович Г. К., Безносюк Р. В., Костенко Н. А., Чернышев А. Д. Исследование параметров установки для упаковки комбикормов в мягкие контейнеры с одновременной подачей газовой среды	133
Пухов Е.В., Сидоренков В.Л., Успенский И.А., Юхин И.А., Лимаренко Н.В. Результаты определения температурных значений поверхности восстанавливаемой детали при газотермическом плакировании	140
Савельев А.П., Чугунов М.Н., Еналеева С.А., Глотов С.В., Чугунов А.М. Обеспечение безопасности работников перерабатывающего предприятия АПК	147
Страхов В.Ю., Вендин С.В., Мануйленко А.Н. Исследование влияния режимов УФ-обработки на всхожесть семян сои при проращивании на зеленый витаминный корм	154
Шемякин А.В., Каширин Д. Е., Алексеев А. Н., Гобелев Е. К., Скрипкин П. Б. Исследование энергосберегающей инфракрасной вакуумной сушки перги рассыпью	162
Шемякин А.В., Фадеев И.В., Успенский И.А., Юхин И.А., Садетдинов Ш.В. Новый ингибитор коррозии в составе лакокрасочных покрытий кузовов автомобилей	168



Content

AGRICULTURAL SCIENCES

Abdulkhalikov R.Z., Shevkhuzhev A.F., Aisanov Z.M., Taov I. Kh., Magomedov K.G. Features of growth and development of muscles and skeleton of bulls obtained from the Simmental breed and crossbreds from crossing Simmental cows with Aberdeen-Angus bulls	5
Kasyanov A.A., Nikitin D.A., Semenov V.G., Yuldashev A.A. Postdiplostomosis, monitoring of the invasiveness of fish caught in the reservoirs of the Volga Federal District (January-February 2023)	14
Kolesnikova T.A., Kulikova M.A. Optimization of parameters of reagent fractionation of liquid waste of a pig farm	23
Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Dmitrieva A.A. Improvement of breeding and genetic traits in birds of egg crosses	30
Pavlov A.A. Assessment of the effect of humic fertilizer in complex application with organic and mineral fertilizers on the yield and quality of vetch-oats	38
Pigorev I.Y., Nikitina O.V. Fertilizers and growth stimulants for foliar application of winter wheat	45
Pozolotina V. A., Glotova G. N. The effectiveness of the use of fat additives in breeding and industrial rabbit breeding, their effect on the growth and development of young animals, productivity and reproductive qualities of rabbits	52
Pravdina E.N., Mayorova Zh.S., Kapitoshina I.V., Kuvshinova E.A. The influence of extruded mushroom waste feeding on the general condition and fattening quality of young pigs	60
Sadovaya I.I. Zakharova O.A. Innovative procedure in grain cultivation technology in crop rotation links	66

TECHNICAL SCIENCES

Abdulmazhidov Kh.A Development of new working bodies of reclamation channel cleaners for the drainage zone	75
Bogdanchikov I.Y., Borychev S.N. Results of field tests of scanning device of machine for disposal of straw as fertilizer	82
Vendin S.V., Saenko Yu.V., Semernina M.A. Design of a doubler-drum crusher for grinding sprouted grain	88
Golikov A. A., Parshkov A.V., Dmitriev A. S., Podiablonsky A.V. Study of adaptive potato harvesting model	103
Grozovsky G.I., Levina T.A., Shaipova A.D., Kashirin D.E., Klochkov A. Ya. Analysis of hazards and their impact on the efficiency of small enterprises providing repair services to agricultural machinery	111
Evseev E.Yu., Ryazantsev A.I., Rembalovich G. K., Antipov A.O., Murog I.A. Technical solutions to improve the performance of a multifunctional circular machine on sloping areas	119
Karyakin S.B., Maximov E. A., Kolomeychenko A. V., Bachurin A. N., Solovyov R. U. Methodology for assessing the market for hydraulic system components used in specialized equipment manufacture	125
Kostenko M. Yu., Rembalovich G. K., Beznosyuk R. V., Kostenko N. A., Chernyshev A. D. Investigation of the parameters of the installation for packaging compound feed in soft containers with simultaneous supply of a gas medium	133
Pukhov E.V., Sidorenkov V.L., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Limarenko N.V. The results of determining the temperature values of the surface of the restored part during gas-thermal cladding	140
Savelyev A.P., Chugunov M.N., Enaleeva S.A., Glotov S.V., Chugunov A.M. Ensuring the safety of employees of the agricultural processing enterprise	147
Strakhov V.Y., Vendin S.V., Manuylenko A.N. Studies on the effect of UV treatment on the germination of soybean seeds during germination on green vitamin feed	154
Shemyakin A.V., Kashirin D. E., Alekseev A. N., Gobelev K. E., Skripkin P. B. Study of energy-saving infrared vacuum drying	162
Shemyakin A.V., Fadeev I.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Sadetdinov Sh.V. New corrosion inhibitor in the composition of paint and varnish coatings for car bodies.	168



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, № 2, с.5-13
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, № 2, pp. 5-13

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.237:636.22/.28.033
DOI: 10.36508/RSATU.2023.62.57.002

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ МУСКУЛАТУРЫ И СКЕЛЕТА БЫЧКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ И ПОМЕСЕЙ ОТ СКРЕЩИВАНИЯ КОРОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ С БЫКАМИ АБЕРДИН-АНГУССКОЙ ПОРОД

Рустам Заурбиевич Абдулхаликов¹, Анатолий Феофанович Шевхужев²✉, Заурбек Магомедович Айсанов³, Ибрагим Хасанович Таов⁴, Камалдин Газимагомедович Магомедов⁵

^{1,3,4,5}ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова», г. Нальчик;

² ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр».

¹rustam742008@mail.ru

²shevkhuzhevaf@yandex.ru

³zayrbek.1965@mail.ru

⁴taova_m@mail.ru

⁵Mkamal61@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Одним из ключевых способов повышения производства говядины является скрещивание специализированных мясных пород скота с комбинированными или молочными. На сегодняшний день в Российской Федерации до 90 % говядины получают от скота комбинированных и молочных пород. Целью исследования явилось установление особенностей роста и развития мускулатуры и скелета симментальских бычков и бычков, полученных от скрещивания коров симментальской породы с быками абердин-ангусской породы.

Методология. Для определения продуктивности симментальских бычков и помесей, полученных от скрещивания коров симментальской породы с быками абердин-ангусской породы, научно-хозяйственные опыты проводили в трех хозяйствах Карачаево-Черкесской Республики: ООО фирма «Хаммер» (опыт 1); СПК ПЗ «Заря-1» (опыт 2); ООО «Югагрохим» (опыт 3). Изучение особенностей роста и развития мускулатуры и скелета проводили по результатам комплексной оценки качества мясной продукции, полученной при убойе бычков подопытных групп, проведенном по утвержденным методикам.

Результаты. Установили, что на протяжении всего периода выращивания скота помесный молодой теленок имел более легкий костяк по сравнению с чистопородными бычками. У чистопородного симментальского молодняка в сравнении с помесными бычками уже при рождении относительно более тяжелый периферический скелет, и к 20-месячному возрасту разница составила 2 % ($p \geq 0,05$). Средний месячный коэффициент роста мускулатуры до года у помесей был равен 0,703, у симменталов – 0,634, а от года до 20 месяцев, соответственно, 0,452 и 0,468. Наибольшее превосходство помесей



по сравнению с симменталами по относительному выходу мякоти получено в пояснице (890 против 635 % у чистопородных бычков), задней конечности, куда входят крестцовая и бедренная часть (470 и 433 % соответственно) и грудной клетке (339 и 310 %); в плече-лопаточной части туши относительный выход мякоти у помесей и симменталов составил 381 и 376 %.

Заключение. Помесные бычки отличаются высокой энергией роста и скороспелостью по сравнению с чистопородными сверстниками. Такой метод скрещивания способствует более рациональному и полноценному его использованию в хозяйстве, что способствует повышению хозяйственно-экономических показателей.

Ключевые слова: скрещивание, симментальская порода, абердин-ангусская порода, рост, мясные качества, рост, развитие мускулатуры

Для цитирования: Абдулхаликов Р.З., Шевхужев А.Ф., Айсанов З. М., Таов И.Х., Магомедов К.Г. Особенности роста и развития мускулатуры и скелета бычков, полученных от симментальской породы и помесей от скрещивания коров симментальской породы с быками абердин-ангусской пород // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №.2, С 5-13 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.62.57.002>

Original article

FEATURES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF MUSCLE AND SKELETON OF BULLS OBTAINED FROM THE SIMMENTAL BREED AND CROSSBOWS FROM CROSSING SIMMENTAL COWS WITH ABERDENE-ANGUS BULLS

Rustam Z. Abdulkhalikov¹, Anatoly F. Shevkhuzhev²✉, Zaurbek M. Aisanov³, Ibragim Kh. Taov⁴, Kamaludin G. Magomedov⁵

^{1,3,4,5} FSBEI HE «Kabardino-Balkar State Agrarian University», Nalchik;

² Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian FNAC"

¹rustam742008@mail.ru

²shevkhuzhevaf@yandex.ru

³zayrbek.1965@mail.ru

⁴taova_m@mail.ru

⁵Mkamal61@yandex.ru

Abstract

Problem and purpose. One of the key ways to increase meat production is to cross-breed specialized beef cattle with mixed or dairy breeds. Today, in the Russian Federation, up to 90% of beef is obtained from cattle of combined and dairy breeds. The aim of the study was to establish the characteristics of the growth and development of the muscles and skeleton of bulls obtained from crossing Simmental cows with Aberdeen-Angus bulls.

Methodology. To determine the productivity, Simmental bulls and crossbreeds obtained from crossing Simmental cows with Aberdeen-Angus bulls were studied. Scientific and economic experiments were carried out in three farms of the Karachay-Cherkess Republic: Hammer LLC (experiment 1); SPK PZ "Zarya-1" (experiment 2); Yugagrokhim LLC (experiment 3). The study of the growth and development of the muscles and skeleton was carried out according to the results of a comprehensive assessment of the quality of meat products obtained by slaughtering calves of experimental groups according to approved methods.

Results. It was established that throughout the entire period of livestock rearing, local young animals had a lighter skeleton compared to purebred animals. In purebred Simmental young animals, in comparison with crossbred Aberdeen-Angus, already at birth, a relatively heavier peripheral skeleton, and by the age of 20 months, the difference was 2% ($p \geq 0.05$). The average monthly coefficient of muscle growth up to a year for hybrids was 0.703, for Simmentals 0.634, and from a year to 20 months, respectively, 0.452 and 0.468. The greatest superiority of hybrids in comparison with Simmentals in relative yield of pulp was obtained in the loin (890 versus 635% in purebred individuals), the hind limb, which includes the sacral and femoral parts (470 and 433%, respectively) and the chest (339 and 310%); in the shoulder-shoulder part of the carcass, the relative yield of pulp in crossbreeds and simmentals was 381 and 376%.

Conclusion. Crossbred animals are characterized by high growth energy and precocity in comparison with purebred peers. This method of crossing contributes to its more rational and full-fledged use in the economy, which contributes to an increase in economic and economic indicators.

Key words: crossing, Simmental breed, Aberdeen Angus breed, growth, meat quality, growth, muscle development

For citation: Abdulkhalikov R.Z., Shevkhuzhev A.F., Aisanov Z.M., Taov I. Kh., Magomedov K.G. Features of growth and development of the muscles and skeleton of bulls obtained from Simmental breed and crossbows from crossing Simmental cows with Aberdeen Angus bulls // Herald of Ryazan State Agrotechnological University



Введение

Эффективное использование генетических ресурсов является залогом успешного ведения скотоводства и увеличения продуктивных показателей отрасли. Рациональное использование инструментов производства говядины позволит обеспечить максимальное проявление хозяйственно-биологических особенностей животных. Залогом устойчивого развития скотоводства в Северо-Кавказском регионе является активное участие государства в развитии скотоводства, в том числе принятие ФНТП плана развития генетических технологий в сельском хозяйстве на 2019-2030 годы, благодаря которому показатели отрасли увеличились на 12 % [1-5].

При использовании эффективных методов скрещивания с последующим интенсивным выращиванием и откормом молодняка крупного рогатого скота возможно добиться существенного увеличения производства мяса высокого качества и обеспечить потребности отечественного рынка. В результате многих исследований установлено, что наибольший эффект в повышении производства говядины удастся получить при скрещивании коров молочного и комбинированного направлений продуктивности с быками мясных пород. При скрещивании перед селекционерами стоит задача интенсификации роста мускулатуры, отложения жира в раннем возрасте и равномерного его распределения в мясе, развития костяка [6-10]. Однако, несмотря на повышенный спрос на разведение мясного скота, исследования, посвященные его использованию в межпородном скрещивании и всестороннему изучению эффектов от его применения, немногочисленны [10-13].

Целью исследования явилось установление особенностей роста и развития мускулатуры и скелета симментальских бычков и бычков, полученных от скрещивания коров симментальской породы с быками абердин-ангусской, в зависимости от технологии выращивания.

Методика исследований

Для определения продуктивности бычков, полученных от скрещивания коров симментальской породы с быками абердин-ангусской и бычков симментальской породы, были поставлены научно-хозяйственные опыты в трех хозяйствах Карачаево-Черкесской Республики: ООО фирма «Хаммер» (опыт 1); СПК ПЗ «Заря-1» (опыт 2); ООО «Юагрохим» (опыт 3).

В ООО Фирма «Хаммер» телята до 6-месячного возраста выращивались в обычных хозяйственных условиях, кормление было групповое.

В зимний период молодняку давали сено, солому, силос, свеклу, картофель и концентрированные корма. Летом животных содержали на естественных пастбищах и дополнительно подкармливали концентратами и зеленой травой.

В СПК ПЗ «Заря-1» телята до 6 месяцев были на хозяйственном кормлении. В среднем за молочный период было скормлено каждому теленку 200 л цельного молока и 600 л обрат, концентрированных кормов за молочный период 70-75 кг. В сентябре-ноябре 2022 года в течение 80 дней был проведен заключительный откорм молодняка на свекле, концентрированных кормах, сене с частичной пастбой животных. За этот период в среднем на голову в сутки скормливали свеклы 21 кг, концентратов 2,95 и сена 1,6 кг.

В третьем опыте, проведенном в ООО «Юагрохим», кормили молодняк более равномерно обильно, особенно в первые 6 месяцев, в рацион была введена кукуруза, сахарная свекла и жом.

По питательности на долю молочных кормов приходится 5,7; грубых – 10,1; сочных – 17,3; зеленых – 34,7 и концентратов – 32,2 %.

При рождении и в возрасте 8,12 и 20 месяцев был проведен контрольный убой трех бычков из каждой подопытной группы по общепринятой методике. На основании обвалки и жиловки рассчитывали индекс мясности, соотношение съедобной и несъедобной частей полутуши, выход мышечной ткани, соотношение мышечной и костной тканей, интенсивность роста осевого и периферического скелета, средний месячный коэффициент роста мускулатуры [13].

Материалы, полученные при проведении исследования, обрабатывали методом вариационной статистики с использованием пакета компьютерных программ Statistica 11.0 [14].

Результаты исследований

Имеющиеся морфологические различия между животными симментальской породы и их помесью с абердин-ангусскими быками дают основание полагать, что у этих животных должны быть различия в характере роста и развития мышечной и костной тканей.

Изучение развития костяка у симментальского молодняка и у помесей абердин-ангуссов с симменталами показало, что у помесного молодняка как при рождении, так и в возрасте 20 месяцев в сравнении с симменталами относительно более легкий костяк с большей относительной массой осевой части скелета (табл.1).



Таблица 1 – Весовой рост скелета симментальского и помесного молодняка до 20-месячного возраста

Показатели	Абердин-ангусы х симменталы				Симменталы			
	при рождении	возраст в месяцах			при рождении	возраст в месяцах		
		8	12	20		8	12	20
Число животных	3	3	3	3	3	3	3	3
Средняя живая масса (в кг)	33±1,1*	215±9,2*	274,5±8,1*	396±13,6*	34±0,9	210±7,78	281,5±10,4	413±11,7
Абсолютная масса (г)								
Осевой скелет	3066±312*	12620±1270*	17333±1785*	2172±2065*	3553±258	12499±1179	18818±1889	23702±2366
в том числе:								
череп	1074±52*	3422±277*	4510±395*	6444±399*	1137±68	3355±255	5165±392	6297±365
позвоночник	1280±69*	5338±401*	7302±429*	8740±472*	1590±76	5188±380	7721±447	9800±1009
ребра и грудная кость	712±24*	3860±213	5521±306*	6537±410*	826±45	3956±206	5932±362	7605±454
Периферический скелет (удвоенный)	4226±340*	13672±1247*	17268±1658*	19876±2145*	5184±315	13442±1274	18720±1905	23146±2226
в том числе:								
передняя конечность	873±45*	2882±202*	3553±278*	4246±337*	1065±67	2824±226	4004±324	4928±303
задняя конечность	1240±58*	3954±297*	5081±301*	5692±366*	1527±98	3897±278	5356±341	6645±287
Масса скелета	7294±606*	26292±2520*	34601±2694*	41597±3967*	8737±416	25941±2496	37538±2820	46848±4057
в т.ч. костяк туши	5035±398*	19798±1765*	26441±2517*	30923±973*	6204±366	19770±1826	28545±3082	35876±3005
Относительная масса скелета (% к живой массе)								
Масса скелета	22,1	12,2	12,6	10,5	25,6	12,31	13,31	11,3
в т.ч. осевой скелет	9,25	5,85	6,3	5,48	10,35	5,95	6,68	5,75
периферический	12,85	6,35	6,30	5,02	15,25	6,36	6,79	5,55
костяк туши	15,2	9,2	9,6	7,8	18,22	9,4	10,1	8,7

Примечание * – $p \geq 0,05$ – достоверная разница между помесными животными (абердин-ангусы х симменталы) и чистопородными симменталами.

Как видно из приведенных данных, отношение массы скелета к живой массе у помесей при рождении равно 22,1 % ($p \geq 0,05$) и в 20-месячном возрасте – 10,5 % ($p \geq 0,05$); у симменталов, соответственно – 25,6 и 11,3 % ($p \geq 0,05$). Масса костяка туши у помесей при рождении составляет 15,2 % ($p \geq 0,05$), в возрасте 20 месяцев – 7,8 % живой массы ($p \geq 0,05$), в то время как у симменталов костяк туши при рождении равен 17,6 и в 20 месяцев – 8,7 % ($p \geq 0,05$).

Изменяются также соотношения между осе-

выми и периферическими частями скелета. Для молодняка обеих породных групп характерна особенность постэмбрионального роста скелета, когда осевая часть увеличивается быстрее, чем периферическая. Однако при рассмотрении межпородных различий обращает на себя внимание, что у симментальского теленка в сравнении с помесным абердин-ангусским, уже при рождении относительно более тяжелый периферический скелет, большая относительная масса его и в 20-месячном возрасте (табл. 1).



Такая закономерность наблюдается потому, что в постэмбриональном развитии интенсивность роста осевого скелета у помесей абердин-ангуссов выше, чем у симменталов, а у симментальского молодняка, наоборот, периферический скелет растет быстрее, чем у помесей. Коэффициент роста периферического скелета у симменталов равен 4,46, у помесей – 4,23.

У симментальских бычков масса осевого скелета составила 54,1 % ($p \geq 0,05$), у помесных бычков – 56,1 % ($p \geq 0,05$). Несмотря на небольшую разницу в 2 % между группами, даже такого результата достичь весьма сложно, и это говорит об успешности выбранного варианта скрещивания.

Проведенные исследования скелета животных в опытных группах показали закономерные особенности развития экстерьера скота симментальской породы и его помесей с абердин-ангус-

ской. Абердин-ангусские помеси имеют типичный мясной тип скелета, что и подтверждают наши исследования: конечности короче, чем у симментальского скота, тело более растянутое в ширину. Более развитая костная система и увеличенная площадь костей позволяет повышать площадь для прикрепления мышц, что увеличивает мясную продуктивность скота. Далее было установлено, что помеси имели более выраженные мясные формы и опережали сверстников из группы с чистопородным разведением по скороспелости. У помесных животных также более интенсивное отложение жира, мясо их отличается нежностью, мраморностью и высокой калорийностью.

Одновременно с ростом костяка у помесного и симментальского молодняка изучен рост мускулов. Данные по изменению массы отдельных групп мускулов с возрастом приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение массы мускулатуры у помесей и симменталов (в г, $n=3$)

Показатель	Абердин-ангусы x симменталы				Симменталы			
	при рождении	8 мес.	12 мес.	20 мес.	при рождении	8 мес.	12 мес.	20 мес.
Число животных	3	3	3	3	3	3	3	3
Мускулатура осевого скелета	1471± 125*	9649± 855*	13373± 2210*	18542± 3612*	1603± 44	10004± 820	13080± 917	19159± 3367
в том числе:								
мускулатура позвоночного столба	680± 76*	4317± 666*	6102± 731*	8776± 876*	762± 31	4492± 613	5894± 688	8895± 1008
мускулатура, соединяющая плечевой пояс с туловищем	791± 39*	5332± 562*	7271± 883*	9766± 924*	841± 55	5512± 761	7186± 852	10264± 1095
Мускулатура периферического скелета	2358± 336*	15972± 3200*	20246± 3642*	28024± 3014*	2585± 167	15910± 2384	21417± 2644	29174± 3185
в том числе:								
мускулатура задней конечности	1871± 178*	13072± 2573*	16244± 2964*	22465± 3350*	2004± 89	12779± 2356	17371± 2810	23323± 2884
мускулатура передней конечности	487± 38*	2900± 264*	4002± 528*	5559± 684*	581± 22	3131± 166	4048± 186	5851± 275
Масса мускулатуры	3829± 224*	25621± 3684*	33619± 3677*	46566± 6304*	4188± 255	25914± 3000	34499± 3320	48333± 5460
Масса всей мускулатуры (удвоенной)	7658± 954*	51242± 4921*	67238± 6821*	93132± 9682*	8376± 882	51828± 5843	68998± 6422	96666± 9221

Примечание * – $p \geq 0,05$ – достоверная разница между помесными животными (абердин-ангусы x симменталы) и чистопородными симменталами.

Таблица 3 – Соотношение между массой мускулатуры и костяка у симментальского и помесного молодняка (в %)

Соотношение масс	Возраст молодняка в месяцах							
	Помеси (абердин-ангусы x симменталы)				Симменталы			
	при рождении	8 мес.	12 мес.	20 мес.	при рождении	8 мес.	12 мес.	20 мес.
Масса мускулатуры позвоночного столба к массе костей позвоночника	110	168	174	211	99	180	159	191



Масса мускулатуры, соединяющей плечевой пояс с туловищем, к массе ребер и грудной кости	222	276	263	299	204	278	242	270
Масса мускулатуры области таза, к массе безымянной кости	277	375	325	364	230	394	335	389
Масса мускулатуры области бедра, к массе бедренной кости	375	799	777	865	331	764	767	811
Масса мускулатуры области лопатки, к массе лопатки	240	289	324	333	270	267	319	350
Масса мускулатуры области плеча, к массе плечевой кости	119	189	200	210	110	200	179	201

У помесей абердин-ангуссов масса мускулатуры увеличилась от рождения до 20-месячного возраста в 12,2 раза, у симменталов – в 11,5 раз ($p \geq 0,05$). При этом отмечено, что мускулатура осевого скелета растет более интенсивно, чем мускулатура конечностей. У помесей коэффициент роста мускулатуры осевого скелета составил 12,6 ($p \geq 0,05$), периферического скелета – 11,9 ($p \geq 0,05$); у симменталов, соответственно, 11,95 и 11,28 ($p \geq 0,05$).

Существует значительная дифференциация в скорости роста отдельных мышц. Высокая скорость роста наблюдается у мышечных тканей плечевого пояса и области бедра, низкая – в области голени. По интенсивности роста мускулатуры помеси превосходили чистопородный симментальский скот [17].

При анализе интенсивности роста мускулатуры у помесного и симментальского молодняка обращает внимание следующий факт. У помесных бычков-кастратов в первый год жизни был более высокий абсолютный и относительный прирост мускулатуры, чем у симменталов, а после года у симменталов мускулатура увеличивалась быстрее, чем у помесей. Так, по учтенной мускулатуре, средний месячный прирост от рождения до года составлял у помесей 2283г, у симменталов

2255 г, а от года до 20 месяцев средний месячный прирост этих же мышц был 1740г и у симменталов 1976 г. В связи с этим средний месячный коэффициент роста мускулатуры до года у помесей был равен 0,703, у симменталов – 0,634, а от года до 20 месяцев, соответственно, 0,452 и 0,468.

Побочный рост мускулатуры связан с тем, что у помесей абердин-ангуссов после года начинается более усиленное отложение жира, в то время как у симменталов жир откладывается в меньшем количестве и в этом возрасте еще продолжается интенсивный рост мускульной ткани.

Различная скорость роста костяка и мускулатуры у помесного и симментальского молодняка приводит к тому, что соотношение между массой мускулатуры и костяка у животных этих пород с возрастом находит разное количественное выражение (табл.3).

Помеси превосходят симменталов в полуторалетнем возрасте по выходу мускулатуры в области позвоночного столба, грудной клетки и бедренной кости и уступают последним по относительному выходу мускулатуры в области лопатки и таза. Эти показатели согласуются с полученными нами данными при разделке отдельных частей туш помесных и симментальских бычков-кастратов в 18-месячном возрасте (табл.4)

Таблица 4 – Соотношение мякоти и костей в тушах бычков-кастратов помесей абердин-ангуссов и симменталов в возрасте 20 месяцев

Часть туши	Абердин-ангуссы × симменталы				Симменталы			
	мякоти		кости		мякоти		кости	
	в кг	в %	в кг	в %	в кг	в %	в кг	в %
Шея	12,48*	83	2,55*	17	11,53	82,4	2,47	17,6
Плече-лопаточная часть	29,05*	79,2	7,6*	20,8	29,77	79	7,9	21
Грудная клетка	46,65*	77,3	13,7*	22,7	41,45	75,6	13,35	24,4
Поясница с пашиной	17,35*	89,9	1,95*	10,1	15,7	86,4	2,48	13,6



Задние (тазовые) конечности	61,35*	82,3	13,02*	17,7	60,48	81,3	13,95	18,7
Среднее для всей туши	166,88*	81,1	38,82*	18,9	158,93	79,8	40,15	20,2

Примечание * – $p \geq 0,05$ – достоверная разница между помесными животными (абердин-ангуссы х симменталы) и чистопородными симменталами

При обвалке отдельных частей туши учитывали массу мякоти и костей. Жировку мякоти каждой части не проводили. Из приведенных данных видно, что наибольшее превосходство помесей по сравнению с симменталами по относительно выходу мякоти получено в пояснице (890 и 635 %), задней конечности, куда входят крестцовая и бедренная части (470 и 433 %) и грудной клетке (339 и 310 %); в плече-лопаточной части туши (передняя ножка) относительный выход мякоти у помесей и симменталов был почти одинаковым (381 и 376 %).

Заключение

Установили, что на протяжении всего периода выращивания скота помесный молодняк имел более легкий костяк по сравнению с чистопородными животными. У чистопородного симментальского молодняка в сравнении с помесным абердин-ангусским уже при рождении относительно более тяжелый периферический скелет, и к 20-месячному возрасту эта тенденция сохранилась, разница составила 2 % ($p \geq 0,05$). При анализе интенсивности роста мускулатуры у помесного и симментальского молодняка в первый год жизни отмечался более высокий абсолютный и относительный прирост мускулатуры, чем у симменталов, а после года у симменталов мускулатура увеличивалась быстрее, чем у помесей. Средний месячный коэффициент роста мускулатуры до года у помесей был равен 0,703, у симменталов – 0,634, а от года до 20 месяцев, соответственно, 0,452 и 0,468. Это связано с тем, у помесного молодняка после года накапливается больше жировой ткани. Наибольшее превосходство помесей по сравнению с симменталами по относительно выходу мякоти получено в пояснице (890 против 635 % у чистопородных особей), задней части туши, куда входят крестцовая и бедренная части (470 и 433 % соответственно) и грудной клетке (339 и 310 %); в плече-лопаточной части туши относительный выход мякоти у помесей и симменталов составил 381 и 376 %.

Проведенные исследования показали, что помесные животные отличаются высокой энергией роста и скороспелостью по сравнению с чистопородными сверстниками. Жир у них откладывается в более раннем возрасте и с большей интенсивностью, чем у молодняка симментальской породы. Такое скрещивание скота приводит к более рациональному и полноценному его использованию в хозяйстве, что способствует повышению хозяйственно-экономических показателей.

Список источников

1. Продуктивность и гематологические пока-

затели ремонтных тёлочек калмыцкой породы, полученных от коров, стимулируемых препаратом ПИМ / Т.С. Кубатбеков, А.Н. Арилов, В.В. Голембовский, В.И. Косилов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2(64). – С. 240-242.

2. Шахмурзов М. М. и др. Мясная продуктивность абердин-ангусского скота при чистопородном разведении и скрещивании. – 2018.

3. Веревкина М.Н. Мониторинг заболеваний крупного рогатого скота по Ставропольскому краю с 2006 по 2010 г / М.Н. Веревкина, А.А. Дорохина, Н.С. Коростылева // Диагностика, лечение и профилактика заболеваний сельскохозяйственных животных. – 2012. – С. 12-14.

4. Мясное скотоводство России и перспективы его развития / А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев, В.В. Голембовский, С.С. Гостищев // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 4(14). – С. 53-60. – DOI 10.25930/2687-1254/007.4.14.2021.

5. Онецких А. Г. Продуктивность и биологические особенности симментальской, абердин-ангусской и геррефордской пород крупного рогатого скота // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – №. 4. – С. 74-76.

6. Голембовский В.В. Влияние биологически активных кормовых добавок животного происхождения на продуктивные качества крупного рогатого скота / В. В. Голембовский, Л. А. Пашкова, В. С. Артамонов // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 5. – С. 79-83. – DOI 10.53859/02352451_2022_36_5_79

7. Прохоров И.П. Особенности роста и развития скелета симментальских и помесных бычков, выращиваемых на мясо / И. П. Прохоров, О. А. Калмыкова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 2. – С. 58-61. – DOI 10.31857/S2500-2627-2020-2-58-61.

8. Features of body height and skeletogeny of carcasses of black and motley and local bull-calves depending on feeding level / V.N. Lukyanov, M.M. Ertuev, I.P. Prokhorov, A.N. Pikul // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2017. – No. 4(64). – P. 248-256. – DOI 10.18551/rjoas.2017-04.32

9. Шевхужев А.Ф. Молочная продуктивность и качество молока симментальского скота при скормливании препарата БиоталПлатинум / А.Ф. Шевхужев, Д.Р. Смакуев // Зоотехния. – 2009. – №. 12. – С. 16-19.

10. Тюлебаев С.Д. Научные и практические основы использования ресурсного потенциала симментальской породы при создании на её основе скота мясного типа // Дис. доктора сельскохоз-



ственных наук. – 2011. – Т. 6. – №. 07.

11. Каюмов Ф. Г., Третьякова Р. Ф. Продуктивность и селекционно-генетические параметры мясного скота разных генотипов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 5 (85). – С. 208-210.

12. Методология научных исследований в животноводстве и кормопроизводстве (методическое пособие) / под ред. А.И. Сухова. – Ставрополь: ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», Ставрополь-Сервис-Школа. 2022. 364 с.

13. Основы научных исследований в зоотехнии / В. А. Бабушкин, О. Е. Самсонова, А. Н. Негреева, А. Г. Нечепорук. – Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2020. – 115 с.

14. Кибкало Л.И. Голштины и симменталы – важные источники производства говядины / Л.И. Кибкало, Н.И. Жеребиллов. – Курск: Изд-во Курск. гос.с.-х.ак., 2020. – 393 с.

15. Грикшас С.А. Мясная продуктивность быч-

ков мясных пород / С.А. Грикшас, М.М. Шамидова, М.Р. Аббасов // Доклады ТСХА. – 2016. – Вып.288. – Ч. I. – С. 221-224.

16. Маслов Л.Б. Математическая модель структурной перестройки костной ткани // Российский журнал биомеханики. – 2013. – №2(60). – С.39-63.

17. К вопросу развития костной и мышечной ткани у молодняка молочных пород / И.Ф. Горлов, П.С. Кобыляцкий, О.П. Шахбазова, А.Л. Алексеев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – №2(38). – С.120-127.

18. Шевхужев А.Ф. Развитие отдельных мускулов и их химический состав у бычков абердин-ангусской породы в зависимости от типа телосложения / А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев, К.Г. Магомедов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 4 (90). – С. 235-240.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Produktivnost' i gematologicheskie pokazateli remonnykh tyolok kalmyckoj porody, poluchennykh ot korov, stimuliruemyykh preparatom PIM / T.S. Kubatbekov, A.N. Arilov, V.V. Golembovskij, V.I. Kosilov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 2(64). – S. 240-242.

2. SHahmurzov M. M. i dr. Myasnaya produktivnost' aberdin-angusskogo skota pri chistopородnom razvedenii i skreshchivanii. – 2018.

3. Verevkina M.N. Monitoring zabolevanij krupnogo rogatogo skota po Stavropol'skomu krayu s 2006 po 2010 g / M.N. Verevkina, A.A. Dorohina, N.S. Korostyleva // Diagnostika, lechenie i profilaktika zabolevanij sel'skohozyajstvennykh zhivotnykh. – 2012. – S. 12-14.

4. Myasnoe skotovodstvo Rossii i perspektivy ego razvitiya / A.F. SHEvhuzhev, VA. Pogodaev, V.V. Golembovskij, S.S. Gostishchev // Sel'skohozyajstvennyj zhurnal. – 2021. – № 4(14). – S. 53-60. – DOI 10.25930/2687-1254/007.4.14.2021.

5. oneckih A. G. Produktivnost' i biologicheskie osobennosti simmental'skoj, aberdin-angusskoj i gerefordskoj porod krupnogo rogatogo skota // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2019. – T. 33. – №. 4. – S. 74-76.

6. Golembovskij V.V. Vliyaniye biologicheski aktivnykh kormovykh dobavok zhivotnogo proiskhozhdeniya na produktivnyye kachestva krupnogo rogatogo skota / V. V. Golembovskij, L. A. Pashkova, V. S. Artamonov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2022. – T. 36. – № 5. – S. 79-83. – DOI 10.53859/02352451_2022_36_5_79

7. Prohorov I.P. Osobennosti rosta i razvitiya skeleta simmental'skih i pomesnykh bychkov, vyrashchivaemykh na myaso / I. P. Prohorov, O. A. Kalmykova // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – 2020. – № 2. – S. 58-61. – DOI 10.31857/S2500-2627-2020-2-58-61.

8. Features of body height and skeletogeny of carcasses of black and motley and local bull-calves depending on feeding level / V.N. Lukyanov, M.M. Ertuev, I.P. Prokhorov, A.N. Pikul // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2017. – No. 4(64). – P. 248-256. – DOI 10.18551/rjoas.2017-04.32

9. SHEvhuzhev A.F. Molochnaya produktivnost' i kachestvo moloka simmental'skogo skota pri skarmlivanii preparata BiotalPlatinum / A.F. SHEvhuzhev, D.R. Smakuev // Zootekhniya. – 2009. – №. 12. – S. 16-19.

10. Tyulebaev S.D. Nauchnye i prakticheskie osnovy ispol'zovaniya resursnogo potentsiala simmental'skoj porody pri sozdanii na eyo osnove skota myasnogo tipa // Dis. doktora sel'skohozyajstvennykh nauk. – 2011. – T. 6. – №. 07.

11. Kayumov F. G., Tretyakova R. F. Produktivnost' i selekcionno-geneticheskie parametry myasnogo skota raznykh genotipov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – №. 5 (85). – S. 208-210.

12. Metodologiya nauchnykh issledovaniy v zhivotnovodstve i kormoproizvodstve (metodicheskoe posobie) / pod red. A.I. Surova. – Stavropol': FGBNU «Severo-Kavkazskij FNAC», Stavropol'-Servis-SHkola. 2022. 364 s.

13. Osnovy nauchnykh issledovaniy v zootekhonii / V. A. Babushkin, O. E. Samsonova, A. N. Negreeva, A. G. Nечeporuk. – Michurinsk: Michurinskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020. – 115 s.

14. Kibkalo L.I. Golshtiny i simmentaly – vazhny istochnik proizvodstva govjadiny / L.I. Kibkalo, N.I. ZHerebilov. – Kursk: Izd-vo Kursk.gos.s.–h.ak., 2020. – 393 с.



15. Grikshas S.A. Myasnaya produktivnost' bychkov myasnyh porod / S.A. Grikshas, M.M. SHamidova, M.R. Abbasov // *Doklady TSKHA*. – 2016. – Vyp.288. – CH. I. – S. 221-224.

16. Maslov L.B. Matematicheskaya model' strukturnoj perestrojki kostnoj tkani // *Rossijskij zhurnal biomekhaniki*. – 2013. – №2(60). – S.39-63.

17. K voprosu razvitiya kostnoj i myshechnoj tkani u molodnyaka molochnyh porod / I.F. Gorlov, P.S. Kobyljackij, O.P. SHahbazova, A.L. Alekseev // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2015. – №2(38). – S.120-127.

18. SHEvhuzhev A.F. Razvitie otdel'nyh muskulov i ih himicheskij sostav u bychkov aberdin-angusskoj porody v zavisimosti ot tipa teloslozheniya / A.F. SHEvhuzhev, V.A. Pogodaev, K.G. Magomedov // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2021. – №. 4 (90). – S. 235-240.

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.

Сведения об авторах

Абдулхаликов Рустам Заурбиевич – канд. с.-х. наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова», rustam742008@mail.ru

Шевхужев Анатолий Феоодович, д-р с.-х. наук, профессор, гл. научн. сотрудник промышленной технологии производства продукции животноводства ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», shevkhuzhevaf@yandex.ru

Айсанов Заурбек Магомедович – д-р с.-х. наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова», г. Нальчик, zayrbek.1965@mail.ru

Таов Ибрагим Хасанович – д-р с.-х. наук, профессор кафедры ветеринарной медицины, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова», taova_m@mail.ru

Магомедов Камалудин Газимагомедович – д-р с.-х. наук, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова», Mkamal61@yandex.ru

Author information

Abdulkhalikov Rustam Z., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technologies of Production and Processing of Agricultural Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokova», rustam742008@mail.ru

Shevkhuzhev Anatoly F., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Industrial Technology of Livestock Production at VNIIOK, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian FNAC", e-mail: shevkhuzhevaf@yandex.ru;

Aisanov Zaurbek M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», Nalchik, zayrbek.1965@mail.ru

Taov Ibragim Kh., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Veterinary Medicine, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokova», taova_m@mail.ru

Magomedov Kamaludin G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokova», Mkamal61@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 01.05.2023; одобрена после рецензирования 25.05.2023; принята к публикации 05.06.2023

The article was submitted 01.05.2023; approved after reviewing 25.05.2023; accepted for publication 05.06.2023





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 639.2.09
DOI: 10.36508/RSATU.2023.58.95.003

**ПОСТОДИПЛОСТОМОЗ, МОНИТОРИНГ ИНВАЗИРОВАННОСТИ РЫБ, ВЫЛОВЛЕННЫХ
В ВОДОЕМАХ ПФО (ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ 2023)**

Андрей Александрович Касьянов¹, Дмитрий Анатольевич Никитин², Владимир Григорьевич Семенов³, Ало Аскаревич Юлдашев⁴

^{1,2,3} Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия

⁴ Филиал Астраханского государственного технического университета в Ташкентской области Республики Узбекистан, г. Салар, Республика Узбекистан

¹andrey-kasyanov99@mail.ru

²nikitin_d_a@mail.ru

³semenov_v.g@list.ru

⁴alohan@bk.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Плохая осведомленность рыбаков о существовании и характерных признаках заболеваний рыб, опасных для человека, повышает вероятность попадания в рацион людей некачественных, а зачастую и опасных для здоровья рыбных продуктов питания. Одной из таких болезней, несущих угрозу здоровью человека и широко распространенных среди рыб, обитающих в популярных у рыбаков водоемах Приволжского федерального округа, является постодиплостомоз. Цель настоящей работы – мониторинг экстенсивности инвазии метацеркариями рыб, обитающих в популярных среди рыбаков водоемах Приволжского федерального округа.

Методология. Исследование проведено в период с января по февраль 2023 года. Был осуществлен контрольный лов рыбы в популярных среди рыбаков местах. Вся выловленная рыба была тщательно осмотрена на предмет наличия на теле черных бугорков, пятен и точек – характерных клинических признаков постодиплостомоза. В случае наличия последних, для подтверждения диагноза, проводили микроскопическое исследование для выявления метацеркариев.

Результаты. Установлено, что из 11 обследованных мест лова рыбы, благополучными по постодиплостомозу оказались 5: затопленный участок старого русла (старица) реки Моргаушка вблизи деревни Торханы Красночетайского муниципального округа Чувашской Республики (№ 2(Б) табл. 1), водоем рядом с деревней Малое Кумаркино Ядринского муниципального округа Чувашской Республики (№ 3 табл. 1), водоем вблизи деревни Талой Ядринского муниципального округа Чувашской Республики (№ 4 табл. 1), река Сура в районе города Ядрин (№ 6 табл. 1) и водоем вблизи деревни Макаркино Пайгусовского сельского поселения, Горномарийского района, Республики Марий Эл (№ 10 табл. 1). В остальных 6 водоемах была выловлена рыба, пораженная метацеркариями, экстенсивность инвазии оказалась выше 50 % в 5 из них, а в одном из них, водоеме в окрестностях деревни Бобыль-касы Ядринского муниципального округа Чувашской Республики (№ 7 табл. 1), достигала 100 %.

Заключение. Несмотря на улучшение обстановки относительно летнего и осеннего периодов, остается большое число неблагополучных водоемов. Тем не менее, следует отметить, что несмотря на высокую экстенсивность инвазии среди выловленных рыб по данному показателю все особи были пригодны в пищу после зачистки пораженных участков и термической обработки. Экземпляры рыб с высокой интенсивностью инвазии и деформацией тела выловлено не было.

Ключевые слова: постодиплостомоз, метацеркарии, окунь, плотва, густера, судак

Для цитирования: Касьянов А.А., Никитин Д.А., Семенов В.Г., Юлдашев А.А. Постодиплостомоз, мониторинг инвазированности рыб, выловленных в водоемах ПФО (январь-февраль 2023) // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №2. С14-22 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.58.95.003>



Original article

POSTDIPLOSTOMOSIS, MONITORING OF THE INVASIVENESS OF FISH CAUGHT IN THE RESERVOIRS OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT (JANUARY-FEBRUARY 2023)**Andrey A. Kasyanov¹, Dmitry A. Nikitin², Vladimir G. Semenov³✉, Alo A. Yuldashev⁴**^{1,2,3} Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia⁴ Branch of Astrakhan State Technical University in Tashkent region of the Republic of Uzbekistan, Salar, Republic of Uzbekistan¹andrey-kasyanov99@mail.ru²nikitin_d_a@mail.ru³semenov_v.g@list.ru⁴alohan@bk.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The poor awareness of fishermen about the existence and characteristic signs of fish diseases that are dangerous to humans increases the likelihood of people getting into the diet of low-quality, and often dangerous to health fish food. One of these diseases, which pose a threat to human health and are widespread among fish living in the reservoirs of the Volga Federal District popular with fishermen, is postdiplostomiasis. The purpose of this work is to monitor the extent of invasion by metacercariae of fish living in reservoirs popular among fishermen in the Volga Federal District.

Methodology. The study was conducted in the period from January to February 2023. Control fishing was carried out in popular places among fishermen. All the fish caught were carefully examined for the presence of black bumps, spots and dots on the body – characteristic clinical signs of postdiplostomiasis. In the case of the latter, to confirm the diagnosis, a microscopic examination was performed to identify metacercariae.

Results. It was found that out of 11 surveyed fishing sites, 5 were safe for postdiplostomiasis: a flooded section of the old riverbed (staritsa) of the Morgaushka River near the village of Torkhany of the Krasnochetai municipal District of the Chuvash Republic (No. 2 (B) Table. 1), a reservoir near the village of Maloe Kumarkino of the Yadrin Municipal District of the Chuvash Republic (No. 3 Table. 1), a reservoir near the village of Taloi of the Yadrin Municipal District of the Chuvash Republic (No. 4 Table. 1), the Sura River near the city of Yadrin (No. 6 Table. 1) and a reservoir near the village of Makarkino of Paigusovsky rural settlement, Gornomariysky district, Republic of Mari El (No. 10 Table 1). In the remaining 6 reservoirs, fish affected by metacercariae were caught, the extent of invasion was higher than 50% in 5 of them, and in one of them, a reservoir in the vicinity of the village of Bobylkasy of the Yadrinsky municipal District of the Chuvash Republic (No. 7 Table. 1), reached 100%.

Conclusion. Despite the improvement of the situation, relative to the summer and autumn periods, a large number of unfavorable reservoirs remain. Nevertheless, it should be noted that despite the high extent of the invasion, among the caught fish, all individuals were suitable for food after stripping the affected areas and heat treatment. No specimens of fish with a high intensity of invasion and deformity of the body were caught.

Key words: postdiplostomiasis, metacercariae, perch, roach, guster, walleye

For citation: Kasyanov A.A., Nikitin D.A., Semenov V.G., Yuldashev A.A. Postdiplostomiasis, monitoring of the invasiveness of fish caught in the reservoirs of the Volga Federal District (January-February 2023) // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2. P 14-22 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.58.95.003>

Введение

Многие рыбаки-любители и не догадываются о вреде, который может причинить выловленная ими рыба, не прошедшая процедуру ветеринарно-санитарной экспертизы [2, 4, 5, 10, 15]. Плохая осведомленность рыбаков о существовании и характерных признаках заболеваний рыб, опасных для человека, повышает вероятность попадания в рацион людей не качественных, а зачастую и опасных для здоровья рыбных продуктов питания [1, 7, 11, 14, 16]. Одной из таких болезней, несущих угрозу здоровью человека и широко распространенных среди рыб, обитающих в популярных у рыбаков водоемах Приволжского федерального округа, является постодиплостомоз [3, 6, 8, 12, 13].

Результаты проводимого нами мониторинга показали, что большинство из обследованных к

настоящему времени водоемов оказались неблагополучными по данному заболеванию, рыба, пораженная метацеркариями, была выловлена более чем на 90 % из них. Экстенсивность инвазии рыб метацеркариями оказалась выше 50 % в 18 из 45 водоемов – популярных мест лова рыбы, в 8 из них она оказалась выше 80 %, а в некоторых достигала 100 %. Рыба, пораженная метацеркариями, не была выловлена и благополучными по постодиплостомозу оказались лишь 4 водоема из 45 обследованных [9, 17].

В связи с этим, однозначно можно сделать заключение об актуальности озвученной темы, о необходимости продолжения мониторинга постодиплостомоза в водоемах, популярных среди рыбаков и распространения его результатов среди рыболовных сообществ всеми доступными сред-

ствами массовой информации.

Цель настоящей работы – мониторинг экстенсивности инвазии метацеркариями рыб, обитающих в популярных среди рыбаков водоемах Приволжского федерального округа.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено в период с января по февраль 2023 года. Был осуществлен контрольный лов рыбы в популярных среди рыбаков ме-

стах. Координаты обследованных водоемов и результаты лова рыбы представлены в таблице 1.

Вся выловленная рыба была тщательно осмотрена на предмет наличия на теле черных бугорков, пятен и точек – характерных клинических признаков постодиплостомоза (рис. 1). В случае наличия последних для подтверждения диагноза проводили микроскопическое исследование для выявления метацеркариев (рис. 2).

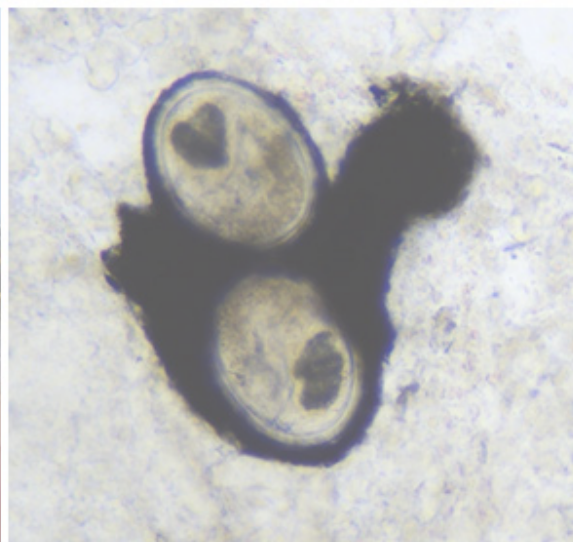
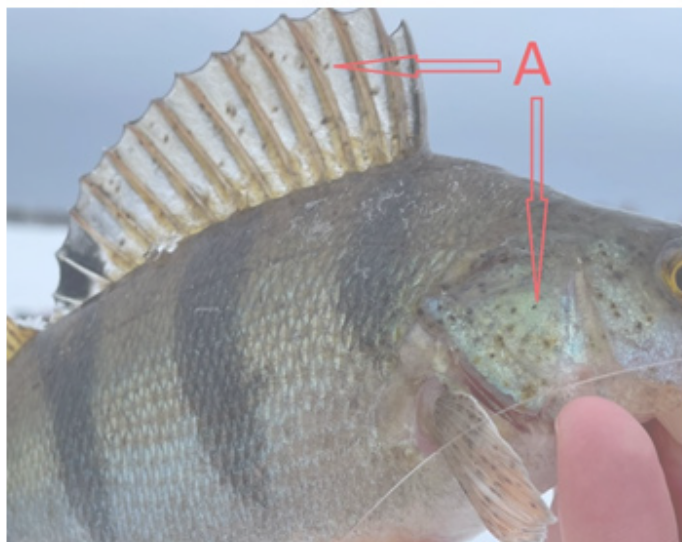


Рис. 1 – Окунь, пораженный метацеркариями; А – Места локализации метацеркариев в теле дополнительного хозяина, «Чёрные точки»
Fig. 1 – Perch affected by metacercariae; A – Places of localization of metacercariae in the body of an additional host, "Black dots"

Рис. 2 – Метацеркарии дигенетического сосальщика *Postodiplostomum cuticola*, увеличение ×100
Fig. 2 – Metacercariae of the digenetic fluke *Postodiplostomum cuticola*, magnification ×100

С целью выявления причинно-следственных связей благополучия водоемов по постодиплостомозу и экстенсивности инвазии выловленных на них рыб метацеркариями, определяли ряд характеристик водоемов. Географическую характеристику оценивали, используя спутниковые карты.

Скорость течения воды определяли поплавком Митчеля и тахиметром, прозрачность воды определяли кругом Секки, температуру воды термометром, характер дна исследовали подводной видеокамерой, глубину маркерным поплавком.

Результаты исследований и их обсуждение

Таблица 1 – Постодиплостомоз, экстенсивность инвазии выловленных рыб

Водоем, №	Координаты водоема	Вид рыбы	Кол-во, шт	Здоровые особи, шт	Пораженные метацеркариями особи, шт
1 (А)	55.865880, 46.827640	окунь	24	6	18
1 (Б)	55.862501, 46.839013	окунь	16	11	5
2 (А)	55.773915, 46.232907	окунь	34	4	30
		плотва	12	7	5
2 (Б)	55.772234, 46.231254	окунь	22	22	0
3	55.818930, 46.267751	окунь	28	28	0
4	55.823417, 46.200658	окунь	33	33	0
		плотва	10	10	0



5(A)	55.866985, 46.040802	окунь	25	7	18
		плотва	19	2	17
		густера	10	10	0
5(Б)	55.864958, 46.075993	судак	8	0	8
6	55.942269, 46.232263	густера	34	34	0
7	55.803696, 46.399451	окунь	9	0	9
8(A) 8(Б)	56.057990, 46.532889	окунь	20	0	20
		окунь	23	23	0
9	56.111885, 46.489699	окунь	33	21	12
		плотва	15	15	0
10	56.170229, 46.254769	окунь	40	40	0

Запруда реки Сорма вблизи деревни Верхние Панклеи Моргаушского муниципального округа Чувашской Республики характеризуется глубиной, не превышающей 5 метров. Водоем имеет продолжительный мелководный участок, с глубиной не более 1,5 м (№ 1(A) табл. 1 и рис. 3). Из 24 выловленных на этом участке окуней пораженными метациркарзиями оказались 18 особей. На другом, глубоководном участке указанного водоема (№ 1(Б) табл. 1 и рис. 3) из 16 пойманных окуней постодипломоз был диагностирован у 5 рыб. Установленный факт в очередной раз подтверждает, что большая рыба старается обитать на мелководье, избегая глубоких участков водоема



Рис. 3 – Река Сорма
Fig. 3 – Sorma River

Запруда реки Моргаушка вблизи деревни Торханы Красночетайского муниципального округа Чувашской Республики заинтересовала нас по нескольким причинам. В летний период здесь было отмечено большое количество гнездящихся птиц, и по спутниковой карте видно, что от основного водоема отходят несколько так называемых «стариц», которые, вероятно, в прошлом были участками прежнего русла реки и впоследствии превратились в самостоятельные водоемы. Был

обследован сам основной водоем и один из водоемов на месте старого русла реки. Глубина основного водоема не превышала 3-х метров. Из 34 пойманных здесь (№ 2(A) табл. 1 и рис. 4) окуней, 30 оказались больными, а из 12 особей плотвы – поражены 5. На близлежащем затопленном участке старого русла (№ 2(Б) табл. 1 и рис. 4) из 22 пойманных окуней все 22 были здоровы. Вероятнее всего, объясняется это тем, что дно основного водоема было илистым, а дно «старицы» песчаным и чистым.



Рис. 4 – Река Моргаушка
Fig. 4 – Morgauška River

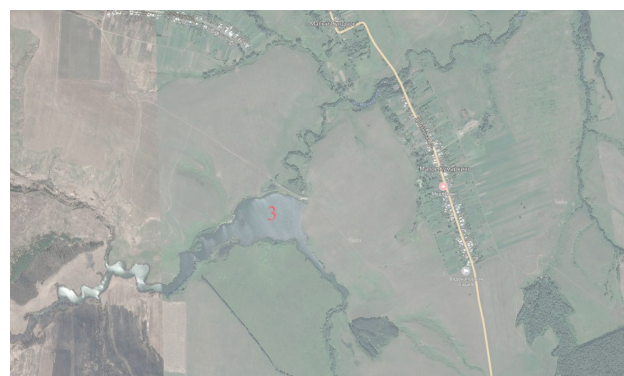


Рис. 5 – Водоем около д. М. Кумаркино
Fig. 5 – A reservoir near the village of Kumarkino



Рис. 6 – Водоем около д. Талой
Fig. 6 – A reservoir near the village of Taloj



Рис. 7 – Река Сура
Fig. 7 – Sura River

Водоем рядом с деревней Малое Кумаркино Ядринского муниципального округа Чувашской Республики (№ 3 табл. 1 и рис. 5) заинтересовал нас по причине того, что он глубокий, и вода в нем чистая, что объясняется большим числом подводных ключей. Дно водоема песчаное, он окружен лесным массивом, в прибрежной зоне имеются поваленные деревья. Из 28 пойманных окуней, все были здоровы и пригодны к употреблению.

Был проверен водоем вблизи деревни Талой Ядринского муниципального округа Чувашской Республики (№ 4 табл. 1 и рис. 6). Данный водоем находится в лесном массиве, но, несмотря на большое число деревьев, в летнее время рыбацких птиц около него замечено не было. Объясняется это, скорее всего, тем, что здесь проходят несколько высоковольтных линий электропередач, отпугивающих птиц. В результате в зимнее время данный водоем оказался благополучным по постодипломозу. Из 33 пойманных окуней и 10 плотвиц все оказались здоровы и пригодны в пищу.

Было решено проверить реку Сура, в области старой Сурской протоки, недалеко от поселения Курмыш Пильнинского муниципального округа Нижегородской области. Данный участок реки представлял интерес потому, что он мелководный и сообщается с основным руслом Суры (№ 5(A) табл. 1 и рис. 7). Фоновая глубина здесь не превышает 2 м. Были пойманы окуни, плотва, густера. Из 25 окуней 18 были поражены, из 19 особей плотвы пораженными оказались 17, густера была здорова. Скорее всего, это связано с тем, что густера обитает и питается преимущественно в районе основного русла реки с наличием течения, а на мелководный участок она заходит, чтобы отдохнуть. Поэтому из 10 пойманных особей густеры все 10 были здоровы. На основном русле реки Сура (№ 5(B) табл. 1 и рис. 7) были пойманы 8 судаков, все они были поражены метацеркариями. Скорее всего, объясняется это тем, что судак – рыба хищная, и в этом районе охотится преимущественно на мелководье, где обитает большое число большой рыбы (окунь и плотва), поедая которую, он и заражается.

На другом участке реки Сура, в районе города Ядрин (№ 6 табл. 1 и рис. 8), характеризующемся большой скоростью течения и глубиной до 10 метров, были выловлены 34 здоровые особи густеры средних размеров. Пораженных метацеркариями особей выловлено не было, что, вероятно, объясняется тем, что густера рыба мирная, и в данном случае обитает на глубоководных участках, где отсутствуют брюхоногие моллюски.



Рис. 8 – Река Сура, в районе г. Ядрин
Fig. 8 – Sura River, near the town of Yadrin

Водоем в окрестностях деревни Бобылькасы Ядринского муниципального округа Чувашской Республики (№ 7 табл. 1 и рис. 9) интересен тем, что здесь обитает большое число рыбацких птиц; он мелководный, глубиной около полутора метров



с обильной водной растительностью. В начале зимы при ловле рыбы был отмечен неприятный запах воды, характерный для интенсивного разложения водной растительности. Из 9 пойманных окуней все были больны постодиплостомозом. Следует отметить, что, несмотря на невысокую интенсивность инвазии и отсутствие морфологических изменений, все особи были оценены как непригодные к употреблению в пищу по причине несоответствия органолептическим показателям, рыба неприятно пахла.

Водоем в окрестностях села Юваново Ядринского муниципального округа Чувашской Республики мы исследовали не первый год. В прошлые годы здесь рыбакам попадалось большое разнообразие рыбы, в том числе окуни, которые в большинстве своем были поражены метацеркариями. Так, например, летом 2019 года из 20 пойманных окуней все были больны (№ 8(А) табл. 1 и рис. 10). В настоящее время водоем благополучен по постодиплостомозу, из 23 пойманных окуней все были здоровы (№ 8(Б) табл. 1 и рис. 10). Объясняется данный факт, скорее всего, тем, что в недавнем прошлом, после 2019 года, данный водоем осушали и чистили, после чего в него запустили толстолобика и белого амура. Данные виды рыб,

поедая водную растительность, не давали возможности для активного размножения брюхоногих моллюсков – промежуточных хозяев паразита, нарушая тем самым биологию его развития.



Рис. 9 – Водоем около д. Бобылькасы
Fig. 9 – Reservoir near the village of Bobylkasy



Рис. 10 – Водоем около с. Юваново
Fig. 10 – A reservoir near the village of Yuvanovo

На небольшом пруду около деревни Нижние Бурнаши Ядринского муниципального округа Чувашской Республики имелись как мелководные, так и глубокие участки. Было выловлено 33 особи окуней и 15 – плотвы (№ 9 табл. 1 и рис. 11). Интересным оказалось то, что плотва была поймана на глубоководных участках водоема, а окунь преимущественно попадался на мелководье с присутствием обильной растительности. Этим, вероятно, и объясняется то, что все 15 экземпляров плотвы были здоровыми, а из 33 окуней пораженными метацеркариями было 12; больной окунь заразился,

поедая моллюсков, обитавших среди водорослей.

Водоем вблизи деревни Макаркино Пайгусовского сельского поселения, Горномарийского района, Республики Марий Эл интересен тем, что в нем соединяются две небольшие речки – Берёзовая и Сумка, у него крутые, обрывистые берега и отсутствуют мелководные участки (№ 10 табл. 1 и рис. 12). Вода кристально чистая, дно светлое, практически нет водной растительности и донных отложений. Как и ожидалось, из 40 пойманных окуней все оказались здоровыми.



Рис. 11 – Пруд около д. Нижние Бурнаши
Fig. 11 – A pond near d. Lower Burnashi

Заключение

Таким образом, из 11 обследованных мест лова рыбы благополучными по постодиплостомозу оказались 5. В 6 водоемах была выловлена рыба, пораженная метацеркариями, экстенсивность инвазии оказалась выше 50 % в 5 из них, а в одном достигала 100 %. Следовательно, несмотря на улучшение обстановки относительно летнего и осеннего периодов [9], остается большое число неблагополучных водоемов. Тем не менее, следует отметить, что, несмотря на высокую экстенсивность инвазии, среди выловленных рыб по данному показателю все особи были пригодны в пищу после зачистки пораженных участков и термической обработки. Экземпляров рыб с высокой интенсивностью инвазии и деформацией тела выловлено не было.

Список источников

1. Анализ состояния рыбоводных хозяйств и рыбопромысловых водоёмов Краснодарского края по заразным болезням прудовых рыб / А.М. Медведева, А.А. Лысенко, О.Ю. Черных [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2021. – № 1. – С. 26-29. – doi 10.33861/2071-8020-2021-1-26-29.

2. Ананьев, И.С. Организация ветеринарного обслуживания рыбоводческих предприятий Республики Татарстан / И.С. Ананьев // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2019. – Т. 240, № 4. – С. 16-20. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-240-4-16-20.

3. Бонина, О.М. Обнаружение *Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832) у рыб в водоемах Новосибирской области / О.М. Бонина, Е.А. Удальцов, М.С. Борцова // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2023. – № 24. – С. 100-104. – DOI 10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.100-104.

4. Возможности использования баз данных мониторинга ихтиофауны внутренних водоемов для принятия управленческих решений по организации мелиоративных мероприятий / Е.А. Зюзина, А.Н. Михайлов, К.В. Наход [и др.] // Рыбоводство и



Рис. 12 – Водоем около д. Макаркино
Fig. 12 – A reservoir near the village of Makarkino

рыбное хозяйство. – 2018. – № 3(146). – С. 52-60.

5. Головина, Н.А. Эколого-фаунистический анализ паразитов рыб Белгородского и Староскольского водохранилищ / Н.А. Головина, Н.Н. Романова, П.П. Головин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 11(260). – С. 51-64.

6. Кузнецова, Е.В. Метод полного паразитологического вскрытия рыб. Учебное пособие по дисциплине «Инвазионные болезни рыб» / Е.В. Кузнецова, В.Н. Воронин, М.В. Мосягина. – Санкт-Петербург: СПбГАВМ, 2016. – 85 с.

7. Машникова, Т.О. Гельминтофауна карповых рыб Можайского водохранилища / Т.О. Машникова, Ф.И. Василевич // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2017. – № 3. – С. 92-96.

8. Минеева, О.В. Постодиплостомоз карповых рыб (*Pisces, Cyprinidae*) в Саратовском водохранилище / О.В. Минеева, М.В. Рубанова // Вода: химия и экология. – 2019. – № 3-6. – С. 73-77.

9. Мониторинг экстенсивности инвазии метацеркариями рыб, выловленных осенью 2022 года в водоемах Республики Чувашия и реке Волга / А.А. Касьянов, Д.А. Никитин, Н.И. Косяев, А.А. Юлдашев // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(23). – С. 27-34. – doi 10.48612/vch/mpd8-gg8x-at1n.

10. Паразиты пресноводной рыбы и рыбопродукции, представленной на рынке Беларуси / И.М. Почичкая, И.Е. Лобазова, Т.А. Говор, Э.А. Петрова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2018. – № 7(150). – С. 47-55.

11. Показатели зараженности воibly (*rutilus rutilus caspicus*) постодиплостомозом в Аграханском заливе Каспийского моря / З.А. Хасбулатова, Э.З. Давудова, Х.А. Гацайниева, С.М. Магомедова // Проблемы развития АПК региона. – 2022. – № 4(52). – С. 180-185. – DOI 10.52671/20790996_2022_4_180.

12. Романова, Н.Н. Гельминтофауна карповых рыб из естественных водоемов Центральной зоны России / Н.Н. Романова, Н.А. Головина, П.П. Голо-



вин // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2016. – № 10(130). – С. 41-46.

13. Современные данные по эпизоотическому состоянию рыбохозяйственных водоемов и рыбных хозяйств Тюменской области / Я.А. Капустина, А.С. Осипов, В.Я. Ширшов [и др.] // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2017. – Т. 4, № 3(15). – С. 84-95.

14. Теряева, И.Ю. Ихтиопатологическое благополучие в некоторых водных объектах Алтайского края / И.Ю. Теряева, Л.В. Веснина // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – № 3(40). – С. 113-118.

15. Фауна трематод рыб в водохранилищах Европейской части России / Н.Н. Романова, Н.А. Головина, А.А. Вишторская, П.П. Головин // Рос-

сийский паразитологический журнал. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 28-42. – DOI 10.31016/1998-8435-2023-17-1-28-42.

16. Фаунистический анализ гельминтов леща в водоемах Центральной зоны РФ / Н.Н. Романова, Н.А. Головина, П.П. Головин [и др.] // Труды Центра паразитологии. Том XLIX. – Москва: ООО Товарищество научных изданий КМК, 2016. – С. 132-135.

17. Экстенсивность инвазии метацеркариями и ветеринарно-санитарная оценка рыбы, выловленной в водоемах среднего Поволжья / Д.А. Никитин, В.Г. Семенов, А.А. Юлдашев, А.А. Касьянов // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(21). – С. 48-54. – doi 10.48612/vch/tu11-ffun-a2x1.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Analiz sostoyaniya rybovodnykh hozyajstv i rybopromyslovykh vodoymov Krasnodarskogo kraja po zaraznym boleznyam prudovykh ryb / A.M. Medvedeva, A.A. Lysenko, O.YU. CHernyh [i dr.] // Veterinariya Kubani. – 2021. – № 1. – С. 26-29. – doi 10.33861/2071-8020-2021-1-26-29.

2. Anan'ev, I.S. Organizatsiya veterinarnogo obsluzhivaniya rybovodcheskikh predpriyatij Respubliki Tatarstan / I.S. Anan'ev // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy mediciny im. N.E. Baumana. – 2019. – Т. 240, № 4. – С. 16-20. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-240-4-16-20.

3. Bonina, O.M. Obnaruzhenie Posthodiplostomum cuticola (Nordmann, 1832) u ryb v vodoemah Novosibirskoy oblasti / O.M. Bonina, E.A. Udalcov, M.S. Borcova // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami. – 2023. – № 24. – С. 100-104. – DOI 10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.100-104.

4. Vozmozhnosti ispol'zovaniya baz dannykh monitoringa ihtiofauny vnutrennih vodoemov dlya prinyatiya upravlencheskikh reshenij po organizatsii meliorativnykh meropriyatij / E.A. Zyuzina, A.N. Mihajlov, K.V. Nahod [i dr.] // Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo. – 2018. – № 3(146). – С. 52-60.

5. Golovina, N.A. Ekologo-faunisticheskij analiz parazitov ryb Belgorodskogo i Starooskol'skogo vodohranilishch / N.A. Golovina, N.N. Romanova, P.P. Golovin // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki. – 2017. – № 11(260). – С. 51-64.

6. Kuznecova, E.V. Metod polnogo parazitologicheskogo vskrytiya ryb. Uchebnoe posobie po discipline «Invazionnye bolezni ryb» / E.V. Kuznecova, V.N. Voronin, M.V. Mosyagina. – Sankt-Peterburg: SPbGAVM, 2016. – 85 s.

7. Mashnikova, T.O. Gel'mintofauna karpovykh ryb Mozhajskogo vodohranilishcha / T.O. Mashnikova, F.I. Vasilevich // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya. – 2017. – № 3. – С. 92-96.

8. Mineeva, O.V. Postodiplostomoz karpovykh ryb (Pisces, Cyprinidae) v Saratovskom vodohranilishche / O.V. Mineeva, M.V. Rubanova // Voda: himiya i ekologiya. – 2019. – № 3-6. – С. 73-77.

9. Monitoring ekstensivnosti invazii metacerkariyami ryb, vyvolennykh osen'yu 2022 goda v vodoemah Respubliki CHuvashiya i reke Volga / A.A. Kas'yanov, D.A. Nikitin, N.I. Kosyaev, A.A. YUldashev // Vestnik CHuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 4(23). – С. 27-34. – doi 10.48612/vch/mpd8-gg8x-at1n.

10. Parazity presnovodnoj ryby i ryboprodukcii, predstavlennoj na rynke Belarusi / I.M. Pochickaya, I.E. Lobazova, T.A. Govor, E.A. Petrova // Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo. – 2018. – № 7(150). – С. 47-55.

11. Pokazateli zarazyonnosti vobly (rutilus rutilus caspicus) postodimlostomozom v Agrahanskom zalive Kaspiskogo morya / Z.A. Hasbulatova, E.Z. Davudova, H.A. Gacajnieva, S.M. Magomedova // Problemy razvitiya APK regiona. – 2022. – № 4(52). – С. 180-185. – DOI 10.52671/20790996_2022_4_180.

12. Romanova, N.N. Gel'mintofauna karpovykh ryb iz estestvennykh vodoemov Central'noj zony Rossii / N.N. Romanova, N.A. Golovina, P.P. Golovin // Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo. – 2016. – № 10(130). – С. 41-46.

13. Sovremennye dannye po epizooticheskomu sostoyaniyu rybohozyajstvennykh vodoemov i rybovodnykh hozyajstv Tyumenskoy oblasti / YA.A. Kapustina, A.S. Osipov, V.YA. SHirshov [i dr.] // Vestnik rybohozyajstvennoj nauki. – 2017. – Т. 4, № 3(15). – С. 84-95.

14. Teryaeva, I.YU. Ihtopatologicheskoe blagopoluchie v nekotorykh vodnykh ob'ektah Altajskogo kraja / I.YU. Teryaeva, L.V. Vesnina // Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet). – 2016. – № 3(40). – С. 113-118.

15. Фауна трематод рыб в водохранилищах Европейской части России / N.N. Romanova, N.A. Golovina, A.A. Vishtorskaya, P.P. Golovin // Rossijskij parazitologicheskij zhurnal. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 28-42. – DOI 10.31016/1998-8435-2023-17-1-28-42.



16. *Faunisticheskiy analiz gel'mintov leshcha v vodoemah Central'noj zony RF / N.N. Romanova, N.A. Golovina, P.P. Golovin [i dr.] // Trudy Centra parazitologii. Tom XLIX. – Moskva: OOO Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2016. – S. 132-135.*

17. *Ekstensivnost' invazii metacerkariyami i veterinarno-sanitarnaya ocenka ryby, vyvolennoj v vodoemah srednego Povolzh'ya / D.A. Nikitin, V.G. Semenov, A.A. Yuldashev, A.A. Kas'yanov // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 2(21). – S. 48-54. – doi 10.48612/vch/tu11-ffun-a2x1.*

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

Касьянов Андрей Александрович, аспирант кафедры морфологии, акушерства и терапии, Чувашский государственный аграрный университет, andrey-kasyanov99@mail.ru

Никитин Дмитрий Анатольевич, д-р вет. наук, профессор кафедры морфологии, акушерства и терапии, Чувашский государственный аграрный университет, nikitin_d_a@mail.ru

Семенов Владимир Григорьевич, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Чувашский государственный аграрный университет, semenov_v.g@list.ru

Юлдашев Ало Аскарлович, д-р философии по сельскохозяйственным наукам, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, филиал Астраханского государственного технического университета в Ташкентской области Республики Узбекистан, alohan@bk.ru

Author information

Kasyanov Andrey A., postgraduate student of the department of morphology, obstetrics and therapy of Chuvash State Agrarian University, andrey-kasyanov99@mail.ru

Nikitin Dmitry A., is a doctor of veterinary sciences, professor of the department of morphology, obstetrics and therapy of Chuvash State Agrarian University, nikitin_d_a@mail.ru

Semenov Vladimir G., is a doctor of biological science, professor, head of the department of morphology, obstetrics and therapy of Chuvash State Agrarian University, semenov_v.g@list.ru

Yuldashev Alo A., PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Branch of the Astrakhan State Technical University in the Tashkent region of the Republic of Uzbekistan, alohan@bk.ru

Статья поступила в редакцию 23.03.2023; одобрена после рецензирования 30.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 23.03.2023; approved after reviewing 30.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №2, с. 23-29
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №2, pp. 23-29

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 628.381
DOI: 10.36508/RSATU.2023.80.75.004

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕАГЕНТНОГО ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ЖИДКИХ ОТХОДОВ СВИНОКОМПЛЕКСА

Татьяна Андреевна Колесникова^{1✉}, Марина Анатольевна Куликова²

^{1,2}Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия

¹t.kolesnikova@npi-tu.ru

²m.kulikova@npi-tu.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В статье рассматривается проблема оптимизации параметров экологически безопасной технологии при переработке жидких отходов с целью получения органоминерального удобрения и жидкой фазы для орошения и повышения плодородия сельскохозяйственных угодий. Целью являлись исследования замены нейтрализующего реагента – суперфосфата на комплексный – минеральный реагент.

Методология. Параметры установлены на основании исследований процессов реагентного фракционирования высококонцентрированных по биогенным элементам жидких отходов свиноводческого хозяйства. Среди поставленных задач было: изучение основных зависимостей разделения на фракции сложной коллоидной системы жидких отходов свиноводческого хозяйства; определение оптимальных доз реагентов, влияние времени перемешивания, оптимизация доз в зависимости от объемов обрабатываемых отходов.

Результаты. Использовались уравнения регрессии для обработки экспериментальных данных, полученных при изучении влияния на процесс разделения жидких отходов доз суспензии аммофоса, времени отстаивания в отстойниках, а также начальной температуры жидких отходов. Создана оптимизационная модель реагентного процесса, позволяющая в зависимости от объема обрабатываемых отходов определить соотношение доз реагентов и времени отстаивания.

Заключение. Полученные уравнения регрессии позволяют оптимизировать параметры экологически безопасной технологии переработки жидких отходов животноводства, позволив значительно сократить время обработки при повышении эффективности разделения на жидкую фракцию, пригодную для орошения и осадок – органоминеральное удобрение.

Ключевые слова: жидкие отходы, свинокомплекс, реагентное фракционирование, аммофос, экспериментальные исследования, регрессионные зависимости, оптимизация

Для цитирования: Колесникова Т.А., Куликова М.А. Оптимизация параметров реагентного фракционирования жидких отходов свинокомплекса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15., № 2. С 23-29 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.80.75.004>

Original article

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF REAGENT FRACTIONATION OF LIQUID WASTE OF A PIG FARM

Tatyana A. Kolesnikova^{1✉}, Marina A. Kulikova²

^{1,2}Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov", Novocherkassk, Russia

¹t.kolesnikova@npi-tu.ru

²m.kulikova@npi-tu.ru

**Abstract.**

Problem and purpose. The article deals with the problem of optimizing the parameters of environmentally friendly technologies in the processing of liquid waste in order to obtain an organo-mineral fertilizer and a liquid phase for irrigation and increasing the fertility of agricultural land. The aim was to study the replacement of the neutralizing agent-superphosphate with a complex -mineral reagent.

Methods. The parameters were established on the basis of studies of the processes of reagent fractionation of liquid waste of a pig farm highly concentrated in terms of biogenic elements. Among the tasks set were: the study of the main dependences of the separation into fractions of a complex colloidal system of liquid waste from a pig farm; determination of the optimal doses of reagents, the influence of mixing time, their optimization depending on the volume of processed waste.

Results. Regression equations were used for the experimental data obtained in the study of the influence on the separation process of liquid waste doses of ammophos suspension, settling time in settling tanks, and the initial temperature of liquid waste. An optimization model of the reagent process has been created, which makes it possible, depending on the volume of processed waste, to determine the ratio of doses of reagents and settling time.

Conclusion. The resulting regression equations make it possible to optimize the parameters of an environmentally friendly technology for processing liquid animal waste, allowing to significantly reduce the processing time while increasing the efficiency of separation into a liquid fraction suitable for irrigation and sediment-organomineral fertilizer.

Key words. Liquid waste, pig farm, reagent fractionation, ammophos, experimental studies, regression dependencies, optimization.

For citation: Kolesnikova T.A., Kulikova M.A. Optimization of parameters of reagent fractionation of liquid waste of a pig farm // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023, Vol. 15, №2, P 23-29 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.80.75.004](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.80.75.004)

Введение

Органические и минеральные удобрения имеют высокую стоимость, в то же время в сельском хозяйстве образуются многотоннажные высококонцентрированные по биогенным элементам отходы, к которым относятся жидкие отходы животноводства. Свиной навоз богат органическими веществами, азотом, фосфором, калием и минеральными элементами и поэтому обычно используется в качестве органических удобрений для сельскохозяйственного использования. Однако необходимы экологически чистые и быстрые технологии для обработки свиного навоза перед внесением в почву.

Актуальность использования жидких отходов свинокомплекса обусловлена их свойствами и особенностями. Концентрированные жидкие отходы представляют собой универсальное органическое удобрение [1, 2] в виде суспензии, дисперсной средой которого является водный раствор минеральных солей, органических соединений, а дисперсной фазой – твердые частицы экскрементов, кормов и некоторое количество минеральных включений. Сухое вещество, содержащееся в коллоидных растворах, можно выделить только при использовании специальных методов обработки [3,4].

Некоторые виды обработки жидких отходов свинокомплекса (например, подкисление, удаление аммиака, разделение твердого вещества и жидкости) дают материалы, которые непосредственно или в сочетании с другими могут повысить их ценность и доступность. Разделение на твердую и жидкую части – это технология, которая позволяет получать осадок с более высоким содержанием сухого вещества и питательных веществ, особенно P и N. Осадок после разделения можно транспортировать на большие расстояния.[5]

Другим интересным способом обработки является подкисление жидких отходов раствором, который смягчает NH_3 выбросы и позволяет перевести P и некоторые микроэлементы в наиболее усваиваемые растениями формы, в результате чего получается осадок с более высокой удобрительной ценностью [6].

Эти методы обработки, которые частично повышают концентрацию питательных веществ и доступность для растений, не решают главную проблему фермеров: по-прежнему существует разрыв между потребностями фермеров в соотношении N:P минеральных удобрений и потребностями, обеспечиваемыми доступными органическими удобрениями.

Высококонцентрированные отходы животноводства, в первую очередь, жидкие отходы свиноводческих хозяйств, при реагентной обработке становятся пригодными для орошения сельскохозяйственных угодий, так как они содержат ценные компоненты в виде азота, фосфора и калия (N,P,K) [7].

Жидкая фракция отходов обладает высокой удобрительной ценностью и по санитарно-гигиеническим показателям удовлетворяет требованиям поверхностного полива посредством дождевания. Образующийся осадок относится к органоминеральному удобрению, применение которого может быть особенно эффективно на кислых почвах. К числу нерешенных задач в этой области следует отнести узкий спектр реагентов для дестабилизации коллоидной системы концентрированных жидких отходов животноводства. Химические реагенты, применяемые авторами для обработки жидких отходов, традиционно применяются в качестве мелиорантов.

Основной концепцией авторов при обработке жидких отходов свиноводческого хозяйства явля-



ется применение в качестве реагента минеральных удобрений, которые используются в сельскохозяйственном производстве. Минеральное удобрение – аммофос – используют как реагент, для подкисления жидких отходов после их обработки суспензией известкового молока $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или шламом карбида кальция (CaC_2) или суспензией дефекационной извести сахарного производства. Реагентное фракционирование с применением минеральных удобрений является бездеструкционным методом, позволяющим сохранить и увеличить биогенные элементы. В таком случае вода используется дважды – сначала для самосплава жидких отходов свиноконплеса, а после реагентного разделения – для орошения сельскохозяйственных культур.

Однако влияние различных факторов на процесс реагентной обработки при использовании аммофоса изучено слабо и в современной научной литературе представлено небольшим количеством публикаций. Большое количество экспериментальных исследований посвящено изучению механизма разделения жидких отходов. Процессы реагентной обработки изучались отечественными и зарубежными учеными [8-10].

В продолжение работ по использованию концентрированных по биогенным элементам отходов животноводства необходимы исследования изменения процесса дестабилизации коллоидной системы при использовании в качестве подкисляющего реагента аммофоса взамен применяемого ранее суперфосфата.

Материалы и методы исследования

Авторами впервые исследован процесс фракционирования высококонцентрированных жидких отходов свиноконплеса с применением в качестве подкисляющего реагента суспензии аммофоса. Ранее были проведены подробные исследования степени разделения жидких отходов с применением других реагентов

Для описания экспериментальных исследований, статистической обработки с получением регрессионных зависимостей [11-13] и оптимизации применялся в Matlab метод последовательного квадратичного программирования.

Исследования проводили на базе Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова. Объектом исследования являлись жидкие отходы свиноводческого хозяйства СЗАО «СКВО» Зерноградского района Ростовской области, производительностью 20000 голов свиней, с расходом жидких отходов 1500 м³/сут.

При проведении исследований по определению оптимальных параметров процесса разделения жидких отходов свиноводческого хозяйства на фракции использовали стандартные цилиндры объемом 1 дм³. Перед испытанием жидкие отходы отстаивали в течение 1 часа, далее подвергали фильтрованию через сита с размерами отверстий 3-5 мм. Для определения температуры t_g и pH отходов использовали иономер И-16°МИ с электродом ЭС-10603/7 К80.7. Электроды для измерения ионов водорода подготавливали согласно ин-

струкции к иономерам. Исследовали жидкие отходы свиноводческого хозяйства для определения содержания в них сухого вещества. Использовали сушильный шкаф с температурой нагрева 105° С, весы лабораторные 4-го класса точности.

Оценка оптимальной дозы суспензии аммофоса для обработки жидких отходов проводилась по эффекту разделения на фракции. Для этого в 5 одинаковых образцов вносили на первом этапе суспензию дефекационной извести в количестве 2 г/дм³ по активному СаО. При этом определяли значение pH в каждом образце, после фиксации времени интенсивного t_p перемешивания при такой дозе суспензии дефекационной извести значение pH возросло до 12.

На следующем этапе вводили подкисляющий реагент – суспензию аммофоса с концентрацией $C_a \in [0,5; 1,5]$ г/дм³. Для этого в испытуемые образцы вносили различные дозы 30 %-й суспензии аммофоса: 0,4; 0,65; 0,78; 1,3 и 1,82 г/дм³ (по активному P₂O₅) при перемешивании в течение $t_p \in [2; 5]$ мин 2-3 минуты, тем самым снижая pH до 6,5-8,5. После гравитационного отстаивания смесь разделилась на осветленную жидкую фракцию и осадок – органоминеральное удобрение.

Результаты исследований и обсуждения

Результаты исследований, обработанные с помощью регрессионного анализа, представлена на рис.1. Цвет поверхностей изменяется от синего к оранжевому в соответствии с возрастанием величины функции.

В результате математической обработки экспериментальных данных получена регрессионная зависимость:

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon} = & 45,148 + 75,483 \cdot C_a - 3,058 \cdot t_p - \\ & - 0,049 \cdot t_g - 22,138 \cdot C_a^2 + \\ & + 0,417 \cdot t_g^2 - 2,39 \cdot 10^3 \cdot t_g^2 - \\ & - 1,907 \cdot C_a \cdot t_p - 0,229 \cdot C_a \cdot t_g + 0,163 \cdot t_p \cdot t_g \end{aligned} \quad (1)$$

Результаты исследований позволили установить, что оптимальной дозой вносимого аммофоса являлось значение 0,5-1,5 г/дм³. При таких дозах исследуемого реагента наблюдается максимальный эффект разделения жидких отходов свиноконплеса на фракции при минимальном времени отстаивания. Кроме того, полученные оптимальные дозы в совокупности с выбранным временем перемешивания могут значительно усилить эффективность разделения. Температура исследуемых жидких отходов также оказывает некоторое влияние на скорость их фракционирования. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования исследуемого подкисляющего реагента для обработки жидких отходов свиноконплеса. Еще одним параметром, подлежащим оптимизации, является время отстаивания, так как от него зависят конструктивные размеры сооружений при обработке жидких отходов свиноконплеса, а, следовательно, и занимаемые площади.

Зависимость времени отстаивания $t_{от}$ от времени перемешивания $t_{пр}$ начальной температуры приведено на рисунке 2.

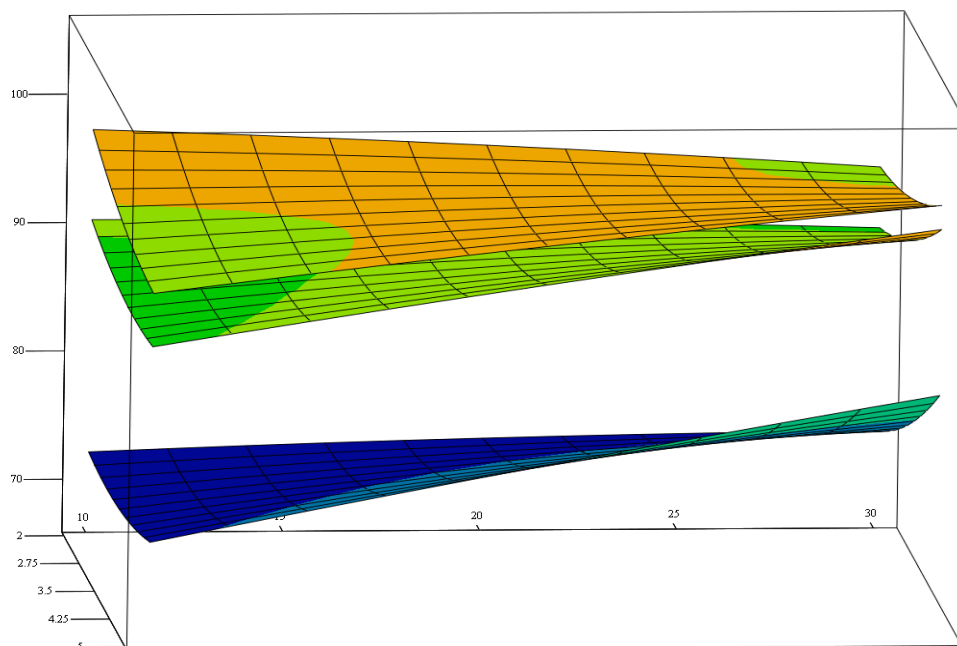


Рис. 1 – Зависимость эффективности разделения от времени перемешивания, температуры жидких отходов, дозы вносимого аммофоса:
1 – 0,5 г/дм³; 2 – 1,0 г/дм³; 3 – 1,5 г/дм³

Fig. 1 – Dependence of separation efficiency on mixing time, temperature of liquid waste, dose of ammophos introduced: 1 - 0.5 g/dm³; 2 -1.0 g/dm³; 3 -1.5 g/dm³

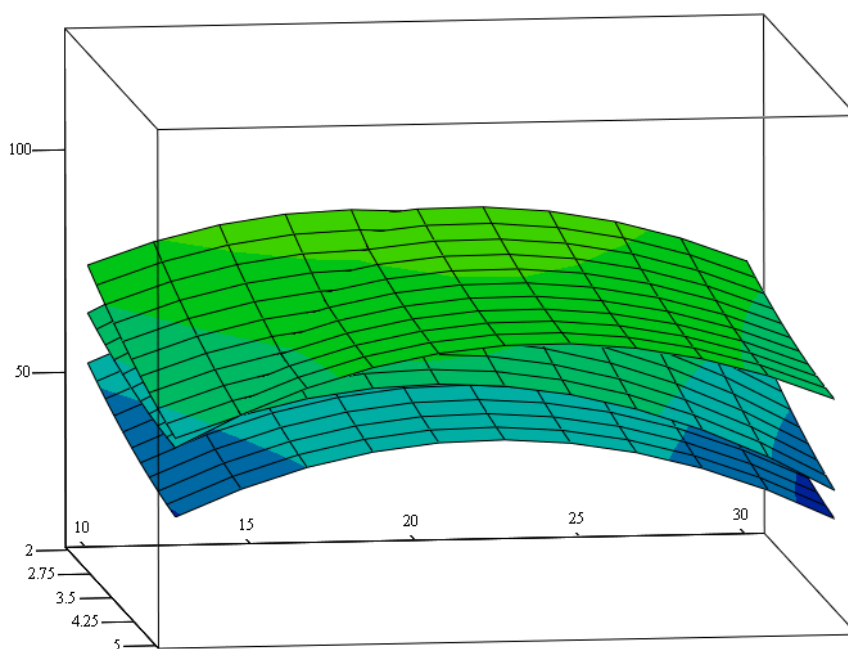


Рис. 2 – Зависимость времени отстаивания от времени перемешивания, температуры жидких отходов, дозы вносимого аммофоса: 1 – 0,5 г/дм³; 2 – 1,0 г/дм³; 3 – 1,5 г/дм³

Fig. 2 – Dependence of settling time on mixing time, temperature of liquid waste, dose of ammophos introduced: 1 – 0.5 g/dm³; 2- 1.0 g/dm³; 3- 1.5 g/dm³



Получена регрессионная зависимость

$$t_{от} = 56,154 - 105,281 \cdot C_a - 6,713 \cdot t_p + 8,044 \cdot t_g - 66,566 \cdot C_a^2 + 0,761 \cdot t_p^2 - 0,175 \cdot 10^3 \cdot t_g^2 - 2,873 \cdot C_a \cdot t_p - 1,133 \cdot C_a \cdot t_p - 0,012 \cdot t \cdot t_g \quad (2)$$

Авторами ранее проведены и представлены в публикациях исследования по влиянию исходных жидких отходов свиноккомплексов на эффективность процесса реагентного фракционирования. В пределах Южного Федерального округа на крупных свиноккомплексах жидкие отходы в накопителях практически круглый год имеют среднюю температуру 10-30 °С [2]. Так как исходная температура жидких отходов оказывает наименьшее воздействие на процесс отстаивания в выбранном диапазоне температур (установлено опытным путем) и не может регулироваться при технологическом режиме, считаем, что ее можно не учитывать

$$\Xi = 40,656 + 74,945 \cdot C_a - 0,52 \cdot t_p - 23,364 \cdot C_a^2 + 0,563 \cdot t_p^2 - 2,754 \cdot C_a \cdot t_p \quad (3)$$

$$t_{от} = 169,032 - 197,315 \cdot C_a - 0,564 \cdot t_p + 74,364 \cdot C_a^2 - 1,75 \cdot t_p^2 + 9,989 \cdot C_a \cdot t_p \quad (4)$$

при анализе.

В связи с этим рассматриваем следующие двухфакторные регрессионные зависимости:

На основе двухфакторных зависимостей проведем оптимизацию параметров процесса реагентной обработки жидких отходов свиноккомплекса методом сопряженных градиентов – за счет нахождения локального экстремума функции на основе информации о её значениях и её градиенте.

В качестве весовых коэффициентов при оптимизации выбираем минимальные дозы реагента и время отстаивания. Результаты приведены в таблице.

Таблица 1 – Результаты оптимизации изучаемого реагентного метода.

№	Весовой коэффициент		Оптимизируемые параметры	
	α_1	α_2	$\Xi, \%$	tot, min
1	0.1	0.9	94.992	49.446
2	0.2	0.8	95.149	49.455
3	0.3	0.7	95.521	49.552
4	0.4	0.6	95.741	49.672
5	0.5	0.5	95.989	49.877
6	0.6	0.4	96.266	50.219
7	0.7	0.3	93.571	50.794
8	0.8	0.2	96.894	51.782
9	0.9	0.1	97.197	53.557
10	1.0	0.0	97.359	56.979

При технико-экономическом обосновании выявлено, что при обработке жидких отходов свиноккомплекса объемами от 50 до 100 м³/сут. приоритетным для эффективного разделения на фракции является время перемешивания, что обуславливает незначительные объемы сооружений и меньшую дозу реагентов. При увеличении объемов обрабатываемых жидких отходов от 100 до 500 м³/сут наибольшее влияние оказывает доза реагентов, а время перемешивания имеет второстепенное значение.

Заключение

1. При объеме жидких отходов свиноккомплексов от 50 до 100 м³/сут. оптимальным является время перемешивания, составляющее 5 минут, обеспечивающее эффективность разделения до 97 % при отстаивании в течение 50 минут. При производительности по жидким отходам свиноккомплексов от 100 до 500 м³/сут. эффективность разделения на фракции определяется, главным образом, дозой аммофоса; наибольшая эффективность разделения, равная 98 %, достигается при дозе аммофоса 1,0 г/дм³. Таким образом, эффективность

разделения выше, чем при применяемых ранее подкисляющих реагентах (двойной суперфосфат 92-95%, фосогипс- 95-97%).

2. Температура жидких отходов свиноккомплекса меняется в зависимости от климатических условий и эксплуатационных характеристик в пределах 10-30° С и в указанном диапазоне значений не оказывает существенного влияния на процесс разделения.

3. Полученные уравнения регрессии позволяют оптимизировать параметры экологически безопасной технологии переработки жидких отходов животноводства, позволив значительно сократить время обработки при повышении эффективности разделения на жидкую фракцию, пригодную для орошения и осадок – органоминеральное удобрение.

Список источников

1. Качанова, Л.С., Бондаренко, А.М. Эффективность технологических процессов производства и применения удобрений на предприятиях АПК: монография. - зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, -



2015.-С.8-12.

2.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

3.Строгий, Б.Н. К вопросу фильтрационного уплотнения осадков, получаемых при разделении жидкого свиного навоза на фракции // *Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование*.-2014.- №1.- С.10-14.

4.Riano, B., Garsia-Gonzalez, M.C. On farm treatment of swine manure based on solid-liquid separation and biological nitrification-denitrification of the liquid fraction // *Journal of Environmental Management*. Vol. 132, Januare 2014, P.87-93.- DOI:10.1016/j.jenvman.2013.10.014

5. Monastyrskiy, D.I.,Kulikova, M.A.,Kolesnikova, T.A.,Volchek, A.P. Studies of the features of vacuum drying of organic-mineral fertilizers // *IOP Conference Series: Earth and Environmental*.- 2022.-№ 981(2), 022015.- DOI:10.1088/1755-1315/981/2/022015

6.Fangueiro,D.,Bichana,A. et al. Effects of cattle-slurry treatment by acidification and separation on nitrogen dynamics and global warming potential after surface application to an acidic soil // *Journal of Environmental Management*.-2015.-№162.-P.1-8.- DOI:10.1016/j.jenvman.2015.07.032

7.Колесникова,Т.А, Куликова, М.А. и др. Ин-

женерно-экологические решения утилизации высококонцентрированных сточных вод животноводческих хозяйств // *Известия вузов Северо-Кавказского региона. Техническиенауки*- 2011.-№2.- С.136-139.

8.Гарзанов, А.Л., Дорофеева, О.А. Производство гранулированных органических и органоминеральных удобрений из помета и навоза – наилучшие доступные технологии их утилизации // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*.-2018.-с.227-234.-DOI:10.24411/0131-5226-2018-10051

9.Makara,A., Kowalski,Z. Selection of pig manure management strategies: Case study of Polish farms// *Journal of Cleaner Production*.-2018. P.187-195.- DOI:10.1016/j.jclepro.2017.10.095

10.Шалавина, Е.В., Субботин, И.А. и др. Исследование седиментации свиного навоза, его жидкой фракции и навозосодержащих стоков// *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*.- 2014.- №1(25). -С. 152-156.

11.Бирюков, С.И. Оптимизация. Элементы теории. Численные методы: учебное пособие // С.И.Бирюков.-Москва:МЗ-Пресс,- 2003.-248с.

12.Flores, R., Garcia, F. Pyrolysis optimization of agricultural waste using Taguchi L9 ortogonal array design // *Bulgarian Journal of Agricultural sciense*.-2018.- 24 (№2).- P.263-273.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1.Kachanova, L.S., Bondarenko, A.M. *Effektivnost' tekhnologicheskikh processov proizvodstva i primeneniya udobrenij na predpriyatiyah APK: monografiya*. - Zernograd: Azovo-CHernomorskij inzhenernyj institut FGBOU VO Donskoj GAU, - 2015.-S.8-12.

2.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

3. Strogij, B.N. *K voprosu fil'tracionnogo uplotneniya osadkov, poluchaemyh pri razdelenii zhidkogo svinogo navoza na frakcii // Tekhnologii, sredstva mekhanizacii i energeticheskoe oborudovanie*.-2014.- №1.- S.10-14.

4.Riano, B., Garsia-Gonzalez, M.C. On farm treatment of swine manure based on solid-liquid separation and biological nitrification-denitrification of the liquid fraction // *Journal of Environmental Management*. Vol. 132, Januare 2014, P.87-93.- DOI:10.1016/j.jenvman.2013.10.014

5.Monastyrskiy, D.I.,Kulikova, M.A.,Kolesnikova, T.A.,Volchek, A.P. Studies of the features of vacuum drying of organic-mineral fertilizers // *IOP Conference Series: Earth and Environmental*.- 2022.-№ 981(2), 022015.- DOI:10.1088/1755-1315/981/2/022015

6.Fangueiro,D.,Bichana,A. et al. Effects of cattle-slurry treatment by acidification and separation on nitrogen dynamics and global warming potential after surface application to an acidic soil // *Journal of Environmental Management*.-2015.-№162.-P.1-8.- DOI:10.1016/j.jenvman.2015.07.032

7.Kolesnikova,T.A, Kulikova, M.A. i dr. *Inzhenerno-ekologicheskie resheniya utilizacii vysokokoncentrirannyh stochnyh vod zhivotnovodcheskih hozyajstv // Izvestiya vuzov Severo-Kavkazskogo regiona. Tekhnicheskienauki*- 2011.-№2.- S.136-139.

8.Garzanov, A.L., Dorofeeva, O.A. *Proizvodstvo granulirovannyh organicheskikh i organomineral'nyh udobrenij iz pometa i navoza – nailuchshie dostupnye tekhnologii ih utilizacii // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkci rastenievodstva i zhivotnovodstva*.-2018.-s.227-234.- DOI:10.24411/0131-5226-2018-10051

9. Makara,A., Kowalski,Z. Selection of pig manure management strategies: Case study of Polish farms// *Journal of Cleaner Production*.-2018. P.187-195.- DOI:10.1016/j.jclepro.2017.10.095



10. Shalavina, E.V., Subbotin, I.A. i dr. Issledovanie sedimentacii svinogo navoza, ego zhidkoj frakcii i navozosoderzhashchih stokov // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii.- 2014.- №1(25). -S. 152-156.

11. Biryukov, S.I. Optimizaciya. Elementy teorii. Chislennye metody: uchebnoe posobie // S.I. Biryukov.- Moskva: MZ-Press,- 2003.-248s.

12. Flores, R., Garcia, F. Pyrolysis optimization of agricultural waste using Taguchi L9 ortogonal array design // Bulgarian Journal of Agricultural science.-2018.- 24 (№2).- P.263-273.

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» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, t.kolesnikova@npi-tu.ru

Куликова Марина Анатольевна, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, m.kulikova@npi-tu.ru

Author Information

Kolesnikova Tatyana A., Senior Lecturer, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), t.kolesnikova@npi-tu.ru

Kulikova Marina A., PhD in engineering sciences, associate professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), m.kulikova@npi-tu.ru

Статья поступила в редакцию 05.05.2023; одобрена после рецензирования 31.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 05.05.2023; approved after reviewing 31.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.5.034:636.034
DOI: 10.36508/RSATU.2023.97.26.005

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
У ПТИЦ ЯИЧНЫХ КРОССОВ

Сергей Иванович Николаев ^{1✉}, Анжела Кероповна Карапетян ², Алёна Алексеевна Дмитриева ³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

¹nikolaevvolgau@yandex.ru

²a.k.karapetyan@bk.ru

³alenka.gronova@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования было изучение влияния гибридизации кур-несушек кроссов Декалб Уайт и Хайсекс Браун на их продуктивность, повышение товарных и воспроизводительных качеств, сравнение характеристик кур с требованиями к кроссам.

Методология. Исследования были проведены в условиях АО «Птицефабрика «Волжская» в период с 2020 по 2022 годы. В качестве объекта исследования выступала промышленная несушка кроссов «Декалб Уайт» и «Хайсекс Браун». Опытные группы комплектовали суточным молодняком в количестве 100 голов, который содержался в цехе выращивания молодняка, в 120 - дневном возрасте переводили в цех кур-несушек. Содержание птицы – клеточное. Для научно-хозяйственного опыта были отобраны куры данных кроссов с целью увеличения темпов роста, передачи желательных признаков между видами. В условиях птицефабрики необходимо добиться высокой продуктивности, сохранности и получения биологически полноценной и доброкачественной продукции. В опыте принимала участие клинически здоровая птица.

Результаты. Исследование включало в себя выращивание подопытного молодняка кур, оценку сохранности, динамику живой массы, анализ яичной продуктивности кроссов Декалб Уайт и Хайсекс Браун. Были получены следующие результаты по кроссу Декалб Уайт: сохранность молодняка составила 100%; живая масса молодняка в 120 дней – 1210,10 г, что выше норматива на 0,51 %, среднеквадратическое отклонение 62,47 г, вариабельность составила 5,16 %. Яичная продуктивность кур-несушек за 52 недели была на уровне 338,78 шт. Результаты опыта, проведенного на птице кросса Хайсекс Браун, были следующие: сохранность молодняка составляла 100%; живая масса при переводе птицы во взрослое стадо в 120 дней составляла 1519,90 г, что выше нормативного показателя на 8,41 %, среднеквадратическое отклонение – 104,91 г, коэффициент вариации составил 6,94 %. Яичная продуктивность кур за 52 недели составляла 338,39 шт., что выше нормативного показателя на 1,62 %.

Заключение. Результаты исследования показали, что при соблюдении правил сортировки, выбраковки, бонитировки птицы, а также зоотехнических и ветеринарных мероприятий продуктивность на среднюю несушку была больше нормативных значений на 0,23 % по кроссу «Декалб Уайт» и на 1,62 % по кроссу «Хайсекс Браун». Следует продолжить дальнейшее изучение селекционно-генетических признаков птицы кроссов «Хайсекс Браун» и «Декалб Уайт»

Ключевые слова: молодняк кур, куры-несушки, Декалб Уайт, Хайсекс Браун, яичная продуктивность, живая масса, сохранность, коэффициент вариации

Для цитирования: Николаев С. И., Карапетян А. К., Дмитриева А. А. Совершенствование селекционно-генетических признаков у птиц яичных кроссов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №2 С 30-37 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.97.26.005>

Original article

IMPROVEMENT OF BREEDING AND GENETIC TRAITS IN BIRDS OF EGG CROSSES

Sergey I. Nikolaev ^{1✉}, Anzhela K. Karapetyan ², Alena A. Dmitrieva ³



^{1,2,3} FGBOU VO Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

¹nikolaevvolgau@yandex.ru

²a.k.karapetyan@bk.ru

³alenka.gronova@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of this study was to study the effect of hybridization of laying hens of the Hisex Brown and DeKalb White crosses on their productivity, increase in commercial and reproductive qualities, to study the comparative characteristics of chickens with the requirements for crosses.

Methodology. The studies were carried out in the conditions of Volzhskaya Poultry Farm JSC; the industrial layer of the Dekalb White and Highsex Brown crosses was the object of the study in the period from 2020 to 2022. The experimental groups were completed with daily young animals in the amount of 100 heads, which were kept in the young stock rearing shop, at 120 days of age they were transferred to the laying hens shop. The content of the bird is cellular. For scientific and economic experience, chickens of this cross were selected in order to increase growth rates, transfer desirable traits between species. In the conditions of a poultry farm, it is necessary to achieve high productivity, safety and obtaining biologically complete and high-quality products. A clinically healthy bird took part in the experiment.

Results. In the course of the study, which included the cultivation of experimental young chickens, the assessment of safety, the dynamics of live weight, the analysis of egg productivity of crosses Dekalb White and Hisex Brown. The following results of the Dekalb White cross were obtained, the safety on the young was 100%. The live weight of young animals at 120 days was 1210.10 g, which is 0.51% higher than the standard, the variability was 5.16%, the standard deviation was 62.47 g, the egg production of laying hens for 52 weeks was at the level of 338.78 PC. eggs. The results of the experiment carried out on the birds of the Hisex Brown cross were as follows: the safety on the young was 100%. Live weight at the time of transfer of birds to an adult herd in 120 days was 1519.90 g, which is 8.41% higher than the standard indicator, the standard deviation is 104.91 g, the coefficient of variation was 6.94%. Egg productivity of hens for 52 weeks was 338.39 pcs. eggs, which is higher than the normative limit of the indicator by 1.62%.

Conclusion. The results of the study showed that, subject to the rules for sorting, culling, grading poultry, as well as zootechnical and veterinary measures, the productivity per average laying hen was higher than the standard values by 0.23% for the Dekalb White cross and by 1.62% for the Highsex cross. Brown." It is necessary to continue further study of the breeding and genetic traits of the birds of the "Hysex Brown" and "Dekalb White" crosses.

Key words: young hens, laying hens, Dekalb White, Hisex Brown, egg productivity, live weight, livability, coefficient of variation

For citation: Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Dmitrieva A.A. Improvement of breeding and genetic traits in birds of egg crosses // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol 15, №2. With 30-37 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.97.26.005](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.97.26.005)

Введение

По мнению Николаева С.И., Карапетян А.К. и других: «Птицеводство, поставленное на промышленную основу, одна из самых динамично развивающихся, скороспелых, плодовых и интенсивных отраслей аграрного комплекса страны. С развитием птицеводства значительно возрастает роль и значение инкубации, выращивания молодняка и содержания кур» [3, 8, 12].

Разведение сельскохозяйственной птицы для получения продуктов питания, а также сырья для переработки можно отнести к основным задачам в птицеводстве. Зоотехнические мероприятия (селекция, размножение, выращивание, кормление, содержание) сводятся к созданию птицы, дающей большое количество относительно дешевой продукции высокого качества. Продуктивность - имеет высокую степень изменчивости и является главным хозяйственно полезным признаком в птицеводстве [1, 4].

Селекционная работа является ведущим элементом ведения птицеводства – по совершенствованию и созданию высокопродуктивных яичных пород и мясных линий с целью производства гибридной птицы для промышленных хозяйств. Пе-

реход от породной сельскохозяйственной птицы к гибридной (межлинейное скрещивание) в промышленном птицеводстве при одновременном применении технологий кормления и содержания обеспечивает высокую продуктивность кроссов.

Результатом многолетнего труда генетиков и селекционеров стало создание белых и коричневых кроссов несушки, при работе с которой можно добиться высоких экономических и технических показателей. Выведенные белые и коричневые кроссы благодаря используемым методам селекции продолжают непрерывно улучшаться [2, 6, 15].

Независимо от селекционной программы реализовать заложенный в птице генетический потенциал можно полностью лишь имея опыт работы с несушкой.

Уровень генетических исследований определяет эффективность селекционно-племенной работы, разработку практических и теоретических основ племенного дела; также играет роль оптимизация условий кормления и содержания птицы [5, 7, 11, 14].

По мнению Терлецкого В.П.: «На современном этапе достигнутый уровень продуктивности сельскохозяйственной птицы основан на получении эффекта гетерозиса, который проявляется при



скрещивании специализированных отцовских и материнских линий и форм. Гетерозис максимально проявляется только в первом поколении. В связи с этим в яичном и мясном птицеводстве селекционная работа направлена на создание 2-, 3- или 4-линейных кроссов, состоящих из сочетающихся материнских и отцовских линий, скрещивание которых по рекомендуемой схеме обеспечивает проявление эффекта гетерозиса: получение большого количества более дешевой продукции» [13].

В промышленном птицеводстве для увеличения производства продукции основное значение приобретает повышение продуктивности, сохранности поголовья, рост качественных показателей птицы [9, 10].

Цель работы – изучить влияние гибридизации кур-несушек кроссов «Хайсекс Браун» и «Декалб Уайт» в сравнительной характеристике с требованиями к кроссам на их продуктивность, повышении товарных и воспроизводительных качеств.

В соответствии с этим основные задачи исследований заключались в следующем:

1) изучить динамику живой массы ремонтного молодняка, сохранность поголовья, яичную продуктивность кур-несушек обоих кроссов, сравнить с требованиями по кроссам;

2) изучить морфологические и биохимические показатели крови;

3) определить репродуктивный потенциал кур-несушек кроссов «Хайсекс Браун» и «Декалб Уайт»;

Материалы и методы исследования

В период проведения исследований были изучены: оценка сохранности поголовья, динамика живой массы, анализ яичной продуктивности кур-несушек кроссов Декалб Уайт и Хайсекс Браун.

Настоящие исследования проведены в условиях АО «Птицефабрика «Волжская» в период с 2020 по 2022 годы с целью реализации генетического потенциала, совершенствования воспроизводительных качеств кур кроссов «Декалб Уайт» и «Хайсекс Браун»

Опытные группы для оценки с требованиями к кроссам комплектовали одновозрастным суточным молодняком, в количестве 100 голов, которые содержались в цехе выращивания молодняка, в 120- дневном возрасте переводились в цех кур-несушек. В опыте принимала участие клинически здоровая птица.

При проведении научно-хозяйственного опыта пользовались общепринятыми зоотехническими

методами и методиками. Нормы плотности посадки, фронт кормления и поения, температурный и световой режимы во все возрастные периоды соответствовали рекомендациям ВНИТИП.

Температура воздуха в корпусе при проведении опыта соответствовала нормам: в первый и второй день 33-35° С, на третий день температуру понизили до 32-33° С, на 4-5-й день до 32-30° С, на 6-7 день – 31-29° С; с каждой последующей неделей температуру в корпусе понижали на 2-10° С. Так, уже с 5-й недели и до 52-х недель температура в корпусе составляла 18-20° С.

Световой режим птицы кросса Декалб Уайт с 1-го по 3-й день составлял 24 часа, на 4-5-й день – 23 часа, 6-7-й день – 20 часов; со второй недели выращивания – 19 часов; с третьей по четвертую недели длительность светового дня составляла 18 часов, каждую последующую неделю световой день сокращался на 1 час. Так, длительность светового дня составляла к 21-й неделе выращивания птицы 12 часов. С 5 % до 20 % кладки у кур-несушек длительность светового дня – 13 часов, с 20 % до конца продуктивного периода – 14 часов, с 35 %-50 % кладки – 15 часов светового дня до момента высадки птицы.

Световой режим птицы кросса Хайсекс Браун с 1-го по 3-й день составлял 24 часа, на 3-4-й – день 23 часа, 5-7-й день – 22 часа; вторая неделя – 18 часов, в третью неделю 15 часов, в четвертую длительность светового дня составляла 13 часов; каждую последующую неделю световой день сокращался на 30 минут. Так, длительность светового дня составляла с 11-й недели до 20-й недели 8 часов. С 20-й недели до конца продуктивного периода – 10 часов (до момента высадки птицы).

Результаты исследований и их обсуждение

Правильное выращивание ремонтного молодняка является важным фактором для реализации генетического потенциала птицы. Выращивание молодняка кур основано на знании закономерностей роста и развития организма, что дает возможность создать оптимальные условия кормления и содержания [7, 9, 10].

Сохранность поголовья подопытных групп молодняка кур кроссов Хайсекс Браун и Декалб Уайт в 120- дневном возрасте составляла 100 %, что выше нормативных данных.

Результаты исследования живой массы молодняка кур кроссов «Декалб Уайт» и «Хайсекс Браун» представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика динамики живой массы молодняка кур, г (M±m) (n=100)

Возраст птицы, дней	Данные кросса Декалб Уайт на птице-фабрике «Волжская»		Данные кросса Хайсекс Браун на птицефабрике «Волжская»	
	σ	Масса, г	σ	Масса, г
суточные	3,97	38,48±0,40	3,78	39,06±0,38
30	29,64	278,68±2,98	44,95	292,80±4,52
60	59,39	638,84±5,97	67,83	684,12±6,82
90	58,67	1033,02±5,90	88,13	1155,80±8,86
120	62,47	1210,10±6,58	104,91	1519,90±8,87



Стоит отметить, что молодняк кур кросса «Хайсекс Браун» на момент перевода в среднем весил 1519,90 г, что в свою очередь выше нормативного показателя на 117,90 г, среднеквадратическое отклонение 104,91 г, коэффициент вариации соста-

вил 6,94%. Масса молодки кросса «Декалб Уайт» в 120 дней составляла 1210,10 г, что выше норматива на 6,1 г, сигма 62,47 г, вариабельность составляла 5,16% (рис. 1).

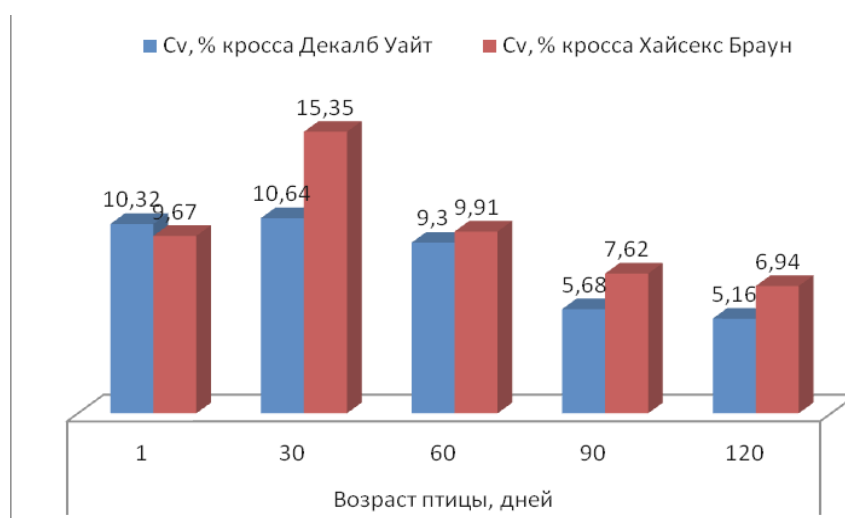


Рис. 1 – Коэффициент вариации живой массы молодняк кур
Fig. 1 - Coefficient of variation in live weight of young chickens

Анализ результатов гематологического состава крови подопытного молодняк кур представлен на рисунке 2 и в таблице 2.

Анализ результатов состава крови (рис. 2) подопытного молодняк кур говорит о том, что гематологические показатели находились в пределах

физиологической нормы. Можно сделать вывод, что в обмене веществ молодняк кур не наблюдалось каких-либо существенных нарушений, что свидетельствует о полноценности их кормления.

Гематологические показатели молодняк кур представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Морфологический и биохимический состав крови подопытного молодняк кур

Группа	Эритроциты, $10^{12}/л$	Лейкоциты, $10^9/л$	Общий белок, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Са, ммоль/л	Р, ммоль/л	Холестерин ммоль/л
Нормативные значения	1,7-2,5	20,0-40,0	42,0-46,0	13,0-17,0	2,4-2,9	0,7-1,1	2,7-3,0
Данные кросса Хайсекс Браун на птицефабрике «Волжская»	$2,05 \pm 0,10$	$33,17 \pm 1,51$	$42,83 \pm 0,77$	$14,50 \pm 0,62$	$2,60 \pm 0,08$	$0,90 \pm 0,06$	$2,77 \pm 0,07$
Cv, %	10,58	10,17	4,02	9,51	7,3	15,71	5,9
Данные кросса Декалб Уайт на птицефабрике «Волжская»	$2,25 \pm 0,06$	$34,00 \pm 1,94$	$43,83 \pm 0,72$	$15,17 \pm 0,66$	$2,62 \pm 0,10$	$0,92 \pm 0,07$	$2,83 \pm 0,07$
Cv, %	6,13	12,75	3,65	9,71	8,17	17,48	5,76

На основании данных, приведенных на рисунке 2, можно заключить, что большая часть показателей находится в пределах трех сигм.

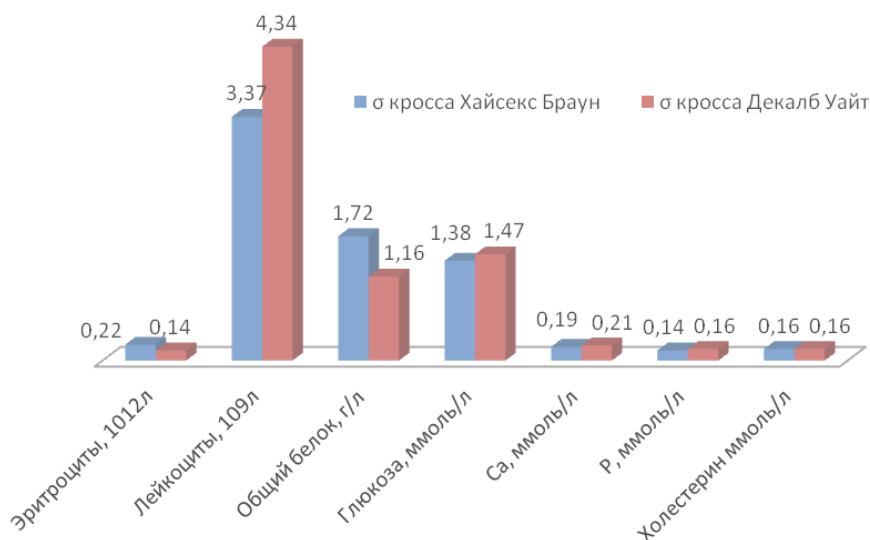


Рис. 2 – Среднеквадратическое отклонение по гематологическим показателям молодняка кур
Fig. 2 - Standard deviation for hematological parameters of young chickens

Зоотехнические показатели являются важными при оценке селекционно-генетических признаков кур-несушек (табл. 3).

Таблица 3 – Зоотехнические показатели кур-несушек

Группа	Показатель				
	Яйценоскость на среднюю несушку, шт	Средняя масса яиц, г	Получено яичной массы, кг	Затраты корма на производство, кг	
				1 кг яйцо-массы	10 шт. яиц
Данные кросса Декалб Уайт на птицефабрике «Волжская»	338,78	63,43±0,71	21,49	1,90	1,25
Данные кросса Хайсекс Браун на птицефабрике «Волжская»	338,39	64,90±1,32	21,96	1,95	1,32



Рис. 3 – Яйценоскость на среднюю несушку кроссов Хайсекс Браун и Декалб Уайт в сравнении с нормой

Fig. 3 - Egg production per average layer of crosses Hisex Brown and Dekalb White in comparison with the norm



Яйценоскость кросса Хайсекс Браун за период проведения опыта составляла на среднюю несушку 338,39 шт. яйца, что выше нормативных данных на 2,39 шт. яйца. На среднюю несушку средняя масса яиц составляла 64,90 г, яичной массы – 21,96 кг, данные показатели находились в пределах нормы. На производство 1 кг яйцемассы затраты корма составляли 1,95 кг, на производство 10 шт. яиц – 1,32 кг.

Корреляционный анализ, проведенный на основе данных, полученных в опыте, между живой массой кур кросса Хайсекс Браун и массой яйца экспериментальной группы составлял 0,79, что говорит о существовании сильных корреляционных взаимосвязей.

Яйценоскость кур-несушек кросса Декалб Уайт за период проведения опыта составляла на среднюю несушку 338,78 шт. яйца, что выше нормативных данных на 0,78 шт. яйца, при этом средняя масса яиц и яичной массы были в пределах нормы. На производство 1 кг яйцемассы затраты корма составили 1,90 кг, на производство 10 шт. яиц – 1,25 кг.

Корреляционный анализ, проведенный на основе данных, полученных в опыте, между живой массой кур-несушек кросса Декалб Уайт и массой яйца экспериментальной группы составлял 0,70, что говорит о сильной корреляционной взаимосвязи.

Заключение

Проведенные в условиях АО «Птицефабрика «Волжская» научные исследования показали, что: – выращиваемая птица кроссов Хайсекс Браун и Декалб Уайт в условиях АО «Птицефабрика «Волжская» по сохранности соответствует нормативным показателям данных кроссов;

– живая масса молодки кросса Хайсекс Браун при переводе птицы во взрослое стадо в 120 дней составляла 1519,90 г, что выше нормативного показателя на 8,41 %, среднее квадратическое отклонение 104,91 г, коэффициент вариации составил 6,94 %;

– живая масса молодки кур кросса Декалб Уайт при переводе птицы во взрослое стадо в 120 дней составляла 1210,10 г, что выше нормативного показателя на 0,51 %, варибельность составляла 5,16 %;

– яичная продуктивность кур кросса Хайсекс Браун за 52 недели составляла 338,39 шт. яйца, что выше нормативного предела показателя на 1,62%;

– яичная продуктивность кур кросса Декалб Уайт за 52 недели составляла 338,78 шт. яйца, что выше нормативного предела показателя на 0,23%;

– проведенный корреляционный анализ между живой массой кур-несушек и массой яйца обоих кроссов показал сильную корреляционную взаимосвязь.

Следует продолжить дальнейшее изучение селекционно-генетических признаков птицы кросса «Декалб Уайт» и кросса «Хайсекс Браун»

Список источников

1. Баркова О.Ю. Ассоциация однонуклеотидной замены SNP2-1 с признаками качества яйца у кур-

несушек // Птицеводство. - 2019. - №7-8. - С. 14-18.

2. Бычаев, А.Г. Эффективность способов содержания кур яичных кроссов на птицефабриках Ленинградской области / А.Г. Бычаев, Л.Т. Васильева // Генетика и разведение животных.- СПб, 2015.- №1.- С. 58-62.

3. Влияние различной структуры рациона на продуктивные качества кур [Текст] / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, Ю.В. Сошкин, О.Е. Кротова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 1(29). – С. 107-111.

4. Горелик, Л.Ш. Анализ взаимосвязей между морфологическими показателями пищевых яиц / Л.Ш. Горелик, М.А. Дерхо, С.Ю. Харлап, О.В. Горелик, О.Г. Лоретц // Аграрный вестник Урала.- Екатеринбург, 2018.- № 8(175).-С. 4.

5. Дерхо, М.А. Влияние микроклимата на сохранность и обмен веществ у ремонтного молодняка кур / М.А. Дерхо, Т.Н. Середа // АПК России.- Челябинск, 2017.- Т. 24.- №2.- С. 366-370.

6. Иванов Н.Г. Рост и сохранность цыплят кросса «Хайсекс Уайт» на фоне применения биогенных препаратов / Н.Г. Иванов, В.Г. Семенов, И.Л. Леонтьева, Е.Е. Лягина // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии,- Чебоксары, 2019.- №3 (10).- С. 66-69.

7. Игнатович, Л.С. Влияние генотипа на продуктивные качества кур-несушек/Л.С. Игнатович//Птица и птицепродукты.- Ржавки, 2021.- № 1.- С. 28-31.

8. Карапетян, А.К. Разработка и использование биологических добавок в кормлении сельскохозяйственной птицы / Е.А. Липова, А.К. Карапетян, М.А. Шерстюгина, О.С. Шевченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. — 2014. Т. 34 — № 2. — С. 123-126.

9. Коршунова, Л.Г. Использование генетических методов на основе ДНК-маркеров продуктивных признаков в селекции кур / Л.Г. Коршунова, Р.В. Карапетян // Птицеводство. - 2021. - №5. - С. 4-7.

10. Коршунова, Л.Г. Сохранение и мониторинг генофонда отечественных пород кур / Л.Г. Коршунова, Р.В. Карапетян // Птицеводство. - 2021. - №3. - С. 9-12.

11. Котарев, В.И. Эффективность выращивания молодняка кур кросса Хайсекс Браун в зависимости от использования различных рецептов ПК / В.И. Котарев, Л.В. Лядова, С.Ю. Попов, Е.Е. Морозова, Г.В. Власова // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета. – Витебск, 2018.-Т. 54.-№4.-С. 171-175.

12. Повышение продуктивности кур-несушек при использовании БВМК Шерстюгина М.А., Николаев С.И., Карапетян А.К., Волколупов Г.В. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2015. - № 4 (40). - С. 138-144.

13. Терлецкий, В.П. Возможности генетического анализа в изучении биоразнообразия генофондных пород кур и паспортизации пород / В.П. Терлецкий, В.И. Тыщенко, И.Я. Шахтамиров, У.А. Делаев // Птицеводство. - 2019. - №7-8. - С. 19-22.

14. Федорова, Е.С. Современное состояние и



проблемы племенного птицеводства в России / Е.С. Федорова, О.И. Станишевская, Н.В. Дементьева // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.*- Т.21.- № 3.-Киров, 2020.- С. 217-232.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Barkova O.Ju. *Associacija odnonukleotidnoj zameny SNP2-1 s priznakami kachestva jajca u kur-nesushek* // *Pticevodstvo.* - 2019. - №7-8. - С. 14-18.
2. Bychaev, A.G. *Jefferktivnost' sposobov sodержanija kur jaichnyh krossov na pticefabrikah Leningradskoj oblasti / A.G. Bychaev, L.T. Vasil'eva // Genetika i razvedenie zhivotnyh.*- SPb, 2015.- №1.- С. 58-62.
3. *Vlijanie razlichnoj struktury raciona na produktivnye kachestva kur [Tekst] / S.I. Nikolaev, A.K. Karapetjan, Ju.V. Soshkin, O.E. Krotova // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie.* – 2013. – № 1(29). – С. 107-111.
4. Gorelik, L.Sh. *Analiz vzaimosvjazej mezhdju morfologicheskimi pokazateljami pishhevnyh jaic / L.Sh. Gorelik, M.A. Derho, S.Ju. Harlap, O.V. Gorelik, O.G. Loretc // Agrarnyj vestnik Urala.*- Ekaterinburg, 2018.- № 8(175).-С. 4.
5. Derho, M.A. *Vlijanie mikroklimata na sohrannost' i obmen veshhestv u remontnogo molodnjaka kur / M.A. Derho, T.N. Sereda // APK Rossii.-Cheljabins., 2017.- Т. 24.- №2.- С. 366-370.*
6. Ivanov N.G. *Rost i sohrannost' cypljat krossa «Hajseks Uajt» na fone primenenija biogennyh preparatov / N.G. Ivanov, V.G. Semenov, I.L. Leont'eva, E.E. Ljagina // Vestnik Chuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii,- Cheboksary, 2019.- №3 (10).- С. 66-69.*
7. Ignatovich, L.S. *Vlijanie genotipa na produktivnye kachestva kur-nesushek / L.S. Ignatovich // Ptica i pticeprodukty.- Rzhavki, 2021.- № 1.- С. 28-31.*
8. Karapetjan, A.K. *Razrabotka i ispol'zovanie biologicheskikh dobavok v kormlenii sel'skohozjajstvennoj pticy / E.A. Lipova, A.K. Karapetjan, M.A. Sherstjugina, O.S. Shevchenko // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie.* — 2014. Т. 34 — № 2. — С. 123-126.
9. Korshunova, L.G. *Ispol'zovanie geneticheskikh metodov na osnove DNK-markerov produktivnyh priznakov v selekcii kur / L.G. Korshunova, R.V. Karapetjan // Pticevodstvo.* - 2021. - №5. - С. 4-7.
10. Korshunova, L.G. *Sohranenie i monitoring genofonda otechestvennyh porod kur / L.G. Korshunova, R.V. Karapetjan // Pticevodstvo.* - 2021. - №3. - С. 9-12.
11. Kotarev, V.I. *Jefferktivnost' vyrashhivaniya molodnjaka kur krossa Hajseks Braun v zavisimosti ot ispol'zovanija razlichnyh receptov PK / V.I. Kotarev, L.V. Ljadova, S.Ju. Popov, E.E. Morozova, G.V. Vlasova // Uchenye zapiski uchrezhdenija obrazovanija Vitebskaja ordena Znak pocheta.* – Vitebsk, 2018.-Т. 54.-№4.-С. 171-175.
12. *Povyshenie produktivnosti kur-nesushek pri ispol'zovanii BVMK Sherstjugina M.A., Nikolaev S.I., Karapetjan A.K., Volkolupov G.V. Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie.* - 2015. - № 4 (40). - С. 138-144.
13. Terleckij, V.P. *Vozmozhnosti geneticheskogo analiza v izuchenii bioraznoobrazija genofondnyh porod kur i pasportizacii porod / V.P. Terleckij, V.I. Tyshhenko, I.Ja. Shahtamirov, U.A. Delaev // Pticevodstvo.* - 2019. - №7-8. - С. 19-22.
14. Fedorova, E.S. *Sovremennoe sostojanie i problemy plemennogo pticevodstva v Rossii / E.S. Fedorova, O.I. Stanishevskaja, N.V. Dement'eva // Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka.*- Т.21.- № 3.-Киров, 2020.- С. 217-232.

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

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (д-р с.-х. наук, nikolaevvolgau@yandex.ru

Карапетян Ангела Кероповна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», д-р с.-х. наук, a.k.karapetyan@bk.ru

Дмитриева Алёна Алексеевна, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», alenka.groponova@yandex.ru



Author information

Nikolaev Sergey I., Professor of the Department "Feeding and Breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University, Doctor of Agricultural Sciences, e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Dmitrieva Alena A., post-graduate student of the Department "Feeding and development of farm animals" of the Federal State Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University", e-mail: alenka.gronova@yandex.ru

Karapetyan Angela K., Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University, Doctor of Agricultural Sciences, e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Статья поступила в редакцию 28.04.2023; одобрена после рецензирования 31.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 28.04.2023; approved after reviewing 31.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.8
DOI: 10.36508/RSATU.2023.20.83.006

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ВНЕСЕНИИ С ОРГАНИЧЕСКИМИ И МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ВИКО-ОВСЯНОЙ СМЕСИ

Артём Андреевич Павлов

Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, Рязань, Россия

kupoz@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В свете современных проблем аграрного сектора в России решение вопроса сохранения и восстановления плодородия почв при использовании интенсивных технологий земледелия является важной задачей. При условиях дефицита внесения органических удобрений в почву и ее деградации актуальность приобретают исследования в области комплексного использования органических удобрений с гуминовыми удобрениями. Цель исследований состояла в оценке влияния гуминовых удобрений на органические удобрения при выращивании вико-овсяной смеси на серых лесных почвах по ростовым характеристикам и качеству готовой продукции.

Методология. Проведены опытные исследования на серых лесных почвах Рязанской области. Схема опыта предусматривала варианты с внесением торфа, навоза, биогазуса, минеральных удобрений, а также варианты совместного применения перечисленных мелиорантов с гуминовым удобрением. В ходе опытов проводились наблюдения и фиксация наступления дат фенологических фаз, линейного роста растений по фазам вегетации. Проанализирована урожайность зеленой массы и сена, а также проведен химико-аналитический анализ качества сена по показателям (сырая клетчатка, жир, протеин, зола, фосфор, кальций).

Результаты. Установлено положительное влияние гуминового удобрения на органические удобрения. Установлены наилучшие показатели у вики на 15-й, 23-й, 51-й, 57-й и у овса на 14-й, 23-й, 51-й, 57-й дни по высоте растений и в конечном итоге на урожайность на варианте с биогазусом и гуминовым удобрением. Гуминовое удобрение при комплексном внесении с органическими удобрениями способствовало улучшению качества корма, увеличению содержания всех исследуемых компонентов.

Заключение. Применяемый комплекс гуминового удобрения создает условия для более дружных и ранних всходов. Смена фенологических фаз вегетации наступала одинаково на вариантах с применением гуминового удобрения: 6 мл/контейнер с биогазусом 0,04 кг/контейнер – 7-й вариант; торфа 0,24 кг/контейнер – 8-й вариант; навоза 0,12 кг/контейнер – 9-й вариант; применение минеральных удобрений $N_{0,12}P_{0,12}K_{0,12}$ 0,04 кг/контейнер и гуминового удобрения 7 мл/контейнер оказало наилучшее достоверное воздействие. При этом урожай кормов соответствовал нормативам качества. Гуминовое удобрение способствовало улучшению качества корма. В дальнейших исследованиях представляется целесообразным проведение исследований по определению последствий внесения мелиорантов и воздействие на динамику изменения тяжелых металлов в почве.

Ключевые слова: вико-овсяная смесь, органические удобрения, гуминовые удобрения, биохимический состав сена, линейный рост, фенологические фазы

Для цитирования: Павлов А.А. Оценка влияния гуминового удобрения при комплексном внесении с органическими и минеральными удобрениями на урожайность и качество вико-овсяной смеси // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №2. С 38-44 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.20.83.006>

Original article

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF HUMIC FERTILIZER IN COMPLEX APPLICATION WITH ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON THE YIELD AND QUALITY OF VETCH-OATS

Artem A. Pavlov

Meshchersky Branch of the A.N. Kostyakov VNIIGiM, Ryazan, Russia



kupo@mail.ru

Abstract.

The problem and the goal. In the light of the current problems of the agricultural sector in Russia, solving the issue of preserving and restoring soil fertility using intensive farming technologies is an important task. Under conditions of a shortage of organic fertilizers in the soil and its degradation, research in the field of integrated use of organic fertilizers with humic fertilizers becomes relevant. The purpose of the research was to assess the effect of humic fertilizers on organic fertilizers when growing vico-oat on gray forest soils by growth characteristics and quality of finished products.

Methodology. Experimental studies were carried out on gray forest soils of the Ryazan region. The scheme of the experiment provided for options with the introduction of peat, manure, vermicompost, mineral fertilizers, as well as options for the joint use of the listed meliorants with humic fertilizer. During the experiments, observations and fixation of the onset of the date of phenological phases, linear growth of plants in the phases of vegetation were carried out. The yield of green mass and hay was analyzed, as well as a chemical-analytical analysis of the quality of hay by indicators (crude fiber, fat, protein, ash, phosphorus, calcium) was carried out.

Results. The positive effect of humic fertilizer on organic fertilizers has been established. The best indicators were established for vika on the 15th, 23rd, 51st, 57th and for oats on the 14th, 23rd, 51st, 57th days in terms of plant height and, ultimately, for yield on the variant with biohumus and humic fertilizer. Humic fertilizer with complex application with organic fertilizers contributed to improving the quality of feed, increasing the content of all the studied components.

Conclusion. The applied complex of humic fertilizer creates conditions for more friendly and early shoots. The change of the phenological vases of vegetation occurred equally on variants with the use of humic fertilizer 6 ml / container with biohumus 0.04 kg / container – the 7th option, peat 0.24 kg / container - the 8th option, manure 0.12 kg / container – the 9th option, mineral fertilizers $N_{0,12}P_{0,12}K_{0,12}$ – the 10th option. However, in the end, the combination of biohumus 0.04 kg/container and humic fertilizer 7 ml/container had the best reliable effect on the yield. At the same time, the feed yield met the quality standards. Humic fertilizer contributed to the improvement of feed quality. In further studies, it seems appropriate to conduct studies to determine the aftereffect of the introduced meliorants and the impact on the dynamics of changes in heavy metals in the soil.

Key words: vico-oat, organic fertilizers, humic fertilizers, biochemical composition of hay, linear growth, phenological phases.

For citation: Pavlov A.A. Assessment of the effect of humic fertilizer in complex application with organic and mineral fertilizers on the yield and quality of vetch-oats // Herald of Ryazan State Agro-Technical University Named after P.A. Kostychev. 2023; Vol 15, №2. P 38-44. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.20.83.006>

Введение

При решении проблем продовольственной безопасности России к важным вопросам относится сохранение и воспроизводство почвенного плодородия агроценозов с использованием, в первую очередь, органических удобрений [3]. Органическое земледелие является одним из перспективных методов развития сельского хозяйства, требующее соответствующего научно-методического, материального и технологического обеспечения. [1, 6].

В настоящее время внесение органических удобрений несколько ниже, чем их потребность, это создает определенные проблемы в создании условий бездефицитного баланса питательных элементов в почве и экологических аспектов, связанных с истощением почвы и снижением ее ценности при использовании интенсивных технологий земледелия [4]. В ближайшее десятилетие ожидается общий рост поголовья скота ввиду строительства новых крупных животноводческих комплексов, что позволит увеличить обеспеченность агроландшафтов органическими удобрениями. [10]. В этих условиях актуальность приобретают исследования по совместному использованию органических удобрений с гуминовыми удобрениями [5].

Использование злаково-бобовых культур в севообороте является облегченным режимом использования земель, так как эти культуры способствуют созданию условий сохранения плодородия

почвы. В условиях южной части Нечерноземной зоны включение злаково-бобовых трав в севооборот является экономически выгодным и безопасным способом борьбы с сорняками, вредителями культурных растений. Они оказывают влияние на почвенные элементы, в частности, семейство бобовых активно участвует в накоплении атмосферного молекулярного азота в почве [2,7,8,9,11].

Цель исследований – дать оценку влияния гуминового удобрения на действие органических и минеральных удобрений по ростовым процессам, урожайности, химическому составу вико-овсяной смеси, выращиваемой на серой лесной почве.

Методика исследований

Опыт был заложен на серой лесной почве Рязанского района на специальной контейнерной площадке, под прозрачным навесом, контейнеры расставлялись на решетчатые поддоны. Vegetационные контейнеры представляли собой емкости объемом десять литров и площадью поверхности почвы 400,0 см². Для обеспечения оптимальной влажности субстрата дно имело дренаж с точечными отверстиями, обеспечивающими отвод просочившейся воды и создание оптимальных условий для аэрации между почвой и атмосферным воздухом. Просочившаяся вода после обильных осадков использовалась при очередном поливе. Почва перед закладкой была предварительно очищена от сорной растительности и пропущена через грохот. Влажность почвы обеспечивалась 60 % ПВ. Почва в опыте по классификации Качинского



Н.А. относится к средним суглинкам, по агрохимическим параметрам перед набивкой в контейнеры характеризовалась, как слабокислая ($pH_{KCl} - 5,7$ ед.), высокогумусированная (массовая доля органического вещества 4,1 %), с низким содержанием подвижного фосфора (86 мг/кг) и обменного калия (115 мг/кг). Содержание валовых форм тяжелых металлов представлено в нисходящем порядке по доли ОДК/ПДК: Ni – 31,0 мг/кг (0,4 ОДК); Zn – 69 мг/кг (0,31 ОДК); As – 1,73 мг/кг (0,17 ОДК); Pb – 16,0 мг/кг (0,12 ОДК); Cd – 0,18 мг/кг (0,09 ОДК); Cu – 11,5 мг/кг (0,09 ОДК); Hg – 0,025 мг/кг (0,01 ПДК). Превышения ОДК, ПДК не выявлено. Относительно фоновых значений СП 502.1325800.2021 почва, используемая в опыте, незначительно превышает фоновые значения по Zn на 0,09 мг/кг и по Pb равна фону.

Используемое в опыте гуминовое удобрение зарегистрировано в «Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к использованию на территории РФ» под рег. номером 354-18-1037-1. Данное удобрение соответствует по качественному составу удобрениям на основе торфа (ГОСТ Р 54249-2010) и обладает следующими свойствами, $pH_{KCl} - 7,46$ ед, органическое вещество – 87,7 г/л, общий фосфор 0,02 г/л, общий калий 5,91 г/л, сумма гуминовых и фульвокислот 50,68 г/л, Pb – 0,28 г/л; Cd – 0,04г/л; Zn – 0,72 г/л; As – 0,17 г/л. Используемый биогумус обладал следующими агрохимическими характеристиками: органическое вещество 60,1 %, $pH_{KCl} - 7,4$ ед; общий калий – 2,2 %, фосфор – 2,3 %; навоз: органическое вещество 21,0 %, $pH_{KCl} - 6,8$ ед; общий калий – 0,29 %, фосфор – 0,7 %; торф: органическое вещество 68,0 %, $pH_{KCl} - 5,6$ ед; общий калий – 0,35 %, фосфор – 0,17 %.

Схема опыта в четырех повторениях состоит

из вариантов: 1-й – стандартный без мелиорантов (контроль); 2-й – биогумус 40 г/контейнер, 3-й – торф 240 г/контейнер; 4-й – навоз 120 г/контейнер; 5-й – гуминовое удобрение 6 мл/контейнер; 6-й – минеральное удобрение $N_{0,12}, P_{0,12}, K_{0,12}$; 7-й – биогумус 40 г/контейнер с гуминовым удобрением 6 мл/контейнер; 8-й – торф 240 г/контейнер с гуминовым удобрением 6 мл/контейнер; 9-й – навоз 120 г/контейнер с гуминовым удобрением 6 мл/контейнер; 10-й – минеральное удобрение $N_{0,12}, P_{0,12}, K_{0,12}$; варианты рассчитаны на основании агрохимического состава почвы и удобрений, а также учтены результаты других исследований, методические рекомендации производителей.

Удобрения вносились в контейнер равномерно, тщательно перемешивались со всем объемом почвы перед набивкой в контейнеры. За период вегетации растений в опыте проводились наблюдения за действием применяемых удобрений по фазам развития культур, за продуктивностью, химическим составом полученного урожая. Растениями биоиндикаторами принята вика и овес с соотношением 2/3 с высевом 0,84 г/контейнер. Анализ биохимического состава сена выполнялся по общепринятым методикам в специализированных лабораториях.

Результаты исследований

В проведенном опыте изучали влияние по отдельности торфа, навоза, биогумуса, минеральных удобрений, а также их сочетания с гуминовым удобрением. В опыте проводили наблюдения за скоростью наступления фенологических фаз вика и овса (табл. 1). При выращивании сельскохозяйственных культур признаком роста и развития является закономерно сменяющиеся различные по морфологии этапы вегетации.

Таблица 1 – Сроки наступления фенологических фаз у вико-овсяной смеси

Фазы вегетации вика				
Номер варианта	Всходы	Ветвление стебля	Бутонизация	Цветение
Контроль	12.V	21.V	18.VI	24.VI
2	11.V	18.V	14.VI	21.VI
3	11.V	18.V	14.VI	21.VI
4	11.V	18.V	14.VI	21.VI
5	11.V	18.V	14.VI	21.VI
6	11.V	19.V	15.VI	22.VI
7	10.V	17.V	13.VI	19.VI
8	10.V	17.V	13.VI	20.VI
9	10.V	17.V	13.VI	20.VI
10	10.V	17.V	13.VI	20.VI
Фазы вегетации овса				
Номер варианта	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Выметывание метелки
Контроль	08.V	22.V	04.VI	19.VI
2	07.V	21.V	02.VI	16.VI
3	07.V	21.V	02.VI	16.VI
4	07.V	21.V	02.VI	16.VI



5	07.V	21.V	02.VI	16.VI
6	08.V	22.V	03.VI	17.VI
7	07.V	19.V	01.VI	15.VI
8	07.V	20.V	02.VI	16.VI
9	07.V	20.V	02.VI	16.VI
10	07.V	19.V	01.VI	15.VI

Исследования показали, что динамика ускорения завершения и наступления новых фаз присутствует на всех вариантах с удобрениями. Однако наибольшая скорость была отмечена на вариантах 7-10 (комплексное применение гуминового удобрения с органическими либо минеральными удобрениями). На этих вариантах всходы вики и овса отмечены на 10-й день с момента посева, что на 1-2 дня быстрее, чем на контрольном варианте. У вики начало фазы ветвления стебля отмечено на 17-й день, на контроле – на 21-й день. Буто-

низация отмечена на 44-й день, а на контрольном варианте на 49-й день. Цветение – на 51-й день, на контрольном только на 55-й день. У овса кущение на 19-й день, на контроле – на 22-й день. Выход в трубку на 33-й день на контроле – на 36-й день. Выметывание метелки на 47-й день, на контроле на 51-й день.

Результаты измерения высоты растений представлены в таблице 2. Линейный рост имеет прямую зависимость с величиной урожайности.

Таблица 2 – Динамика линейного роста вико-овсяной смеси при использовании удобрений, см

Срок проведения измерений линейного роста вики				
Номер варианта	15-й день	23-й день	51-й день	57-й день
Контроль	6,8±0,07	18,4±0,06	29,1±0,07	44,3±0,09
2	8,3±0,07	22,5±0,05	38,9±0,06	48,9±0,11
3	7,8±0,09	22,1±0,07	30,9±0,08	48,1±0,07
4	7,7±0,08	20,4±0,08	31,0±0,06	46,4±0,08
5	8,1±0,06	22,1±0,06	37,9±0,08	48,3±0,12
6	7,0±0,06	19,7±0,08	31,5±0,06	44,5±0,15
7	8,8±0,08	24,1±0,06	41,6±0,07	52,4±0,08
8	8,3±0,07	23,6±0,08	33,2±0,08	51,6±0,14
9	8,1±0,06	21,9±0,06	33,1±0,06	49,8±0,08
10	8,6±0,08	23,7±0,08	40,7±0,08	51,7±0,09
Срок проведения измерений линейного роста овса				
Номер варианта	14-й день	23-й день	51-й день	57-й день
Контроль	8,1±0,07	26,8±0,06	38,2±0,07	69,7±0,07
2	9,7±0,09	32,0±0,07	45,5±0,08	83,4±0,08
3	9,3±0,05	30,2±0,05	43,0±0,05	78,7±0,05
4	9,3±0,08	30,0±0,05	42,7±0,07	78,1±0,08
5	9,8±0,09	31,7±0,07	45,2±0,06	82,6±0,11
6	8,5±0,09	27,6±0,07	39,3±0,07	71,9±0,10
7	10,6±0,05	34,4±0,08	49,2±0,06	89,8±0,09
8	10,0±0,08	32,5±0,08	46,3±0,07	84,7±0,08
9	9,9±0,06	32,2±0,09	45,9±0,07	84,1±0,09
10	10,5±0,07	34,9±0,07	48,6±0,05	89,0±0,07

Примечание: уровень вероятности $p = 0,95$

Анализ данных показал, что на 15-й день опыта наибольшая высота вики зафиксирована на 7-м варианте, на 10-м варианте средняя высота на 2,3 % ниже, а на 2-м и 8-м вариантах на 5,7 % ниже лучшего варианта; наименьший показатель отмечен на контроле (на 22,7 % ниже 7-го варианта). На всех последующих замерах данная динамика сохранилась. На 51-й день наибольшая прибавка

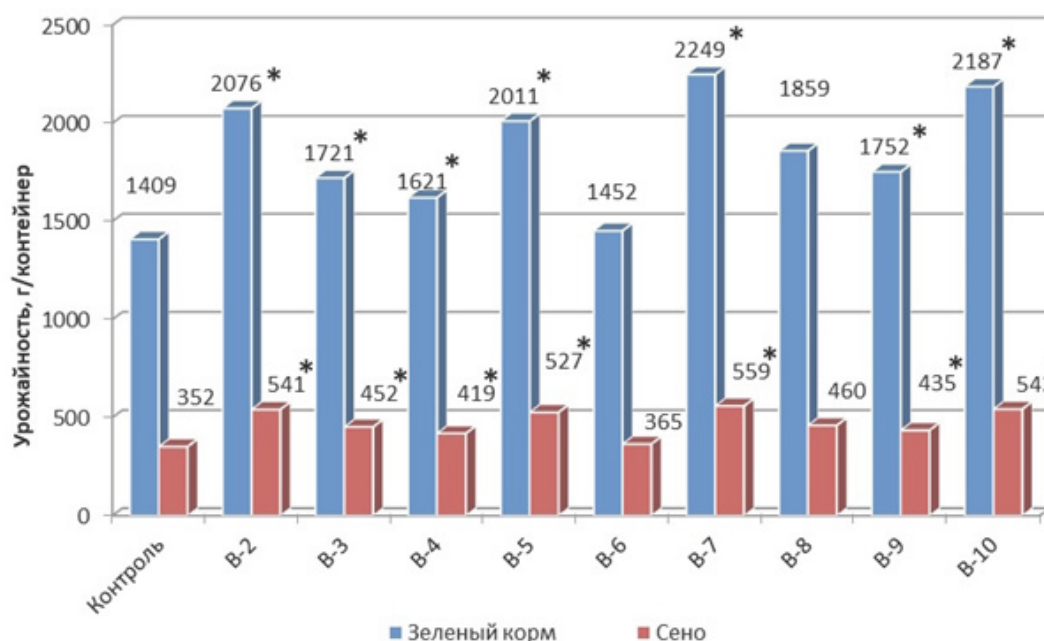
на 7-м варианте составила на 30,0 % больше, чем на контрольном варианте. На 57-й день разница на 7-м варианте и контроле уменьшилась и составила 15,4 %. Наибольшая средняя высота овса на 14-й день отмечена на 7-м варианте, на 10-м варианте на 1,0 % ниже, на 8-м варианте на 5,6 % ниже 7-го варианта; наименьший показатель отмечен на 3-м и 4-м вариантах (на 12,2 % ниже лучшего



варианта). На последующих замерах динамика не изменилась. На 55-й день наибольшая прибавка на 7-м варианте превысила контроль на 22,3 %.

Количество с единицы площади и качество

кормовых трав являются основными показателями, характеризующими их ценность. Обеспеченность питанием оказала решающее влияние на урожайность (рис.).



* – различия с контрольным вариантом существенны при $p \leq 0,05$

Рис. – Урожайность вико-овсяной смеси

Fig. – The vetch-oats yield

По результатам проведенной статистической обработки данных полученной урожайности отмечено, что относительно стандартного варианта существенные изменения отмечены на вариантах 2-5,7,9,10. Вариант с применением только гуминового удобрения и вариант с применением гуминового удобрения с торфом не оказали существенного влияния на величину урожайности вико-овсяной смеси.

Наибольшая урожайность получилась на 7-м варианте, прибавка составила 37,3 % (зеленый корм) и 37 % (сена). Второй по величине прибавки урожайности, 10-й вариант – с прибавкой

35,6 % и 35,2 % соответственно. Третий по величине – 2-й вариант, с прибавкой 32,1 % (зеленый корм) и 34,9 % (сена). Четвертый, пятый варианты – с прибавкой 29,9 % и 33,2 %. Прибавка урожайности по 3,4,9-у вариантам минимальная, ниже лучшего варианта и составила 13,1-19,6 % и 16,0-19,1 % соответственно.

Полученный урожай зеленой массы после сушки до состояния сена подлежал химическому лабораторному анализу на следующие компоненты: сырая клетчатка, жир, протеин, зола, фосфор, кальций (табл. 3).

Таблица 3 – Биохимический состав сена вико-овсяной смеси, сухое вещество, %

Вариант	Сухое вещество	Сырая клетчатка	Сырой жир	Сырой протеин	Сырая зола	Фосфор	Кальций
Контроль	80,7±0,2	27,13±0,17	3,10±0,04	12,21±0,08	6,15±0,04	0,33±0,01	0,62±0,01
2	80,5±0,3	27,02±0,16	3,28±0,03	12,34±0,09	6,23±0,05	0,34±0,01	0,64±0,01
3	80,6±0,4	26,35±0,17	3,24±0,02	12,25±0,12	6,46±0,03	0,34±0,01	0,66±0,02
4	80,5±0,3	26,50±0,14	3,36±0,01	12,22±0,11	6,34±0,04	0,34±0,01	0,65±0,01
5	80,6±0,2	26,60±0,13	3,20±0,03	12,36±0,07	6,23±0,04	0,34±0,01	0,62±0,02
6	80,6±0,3	26,71±0,17	3,15±0,02	12,26±0,05	6,98±0,06	0,34±0,01	0,63±0,01
7	80,4±0,2	25,90±0,18	3,50±0,02	12,47±0,06	7,34±0,04	0,36±0,01	0,69±0,01
8	80,4±0,2	25,90±0,13	3,29±0,04	12,44±0,05	7,23±0,05	0,37±0,01	0,69±0,01
9	80,3±0,4	25,50±0,18	3,40±0,01	12,51±0,09	7,33±0,09	0,37±0,02	0,69±0,01
10	80,5±0,3	26,10±0,12	3,30±0,01	12,39±0,09	7,01±0,08	0,35±0,01	0,62±0,01



По результатам исследований отмечена обратная зависимость содержания сырого протеина и сырой клетчатки. Содержание сырой клетчатки ниже на вариантах с большей урожайностью. На контрольном варианте питание растений происходило только за счет почвенного плодородия, соответственно, содержание сырого протеина было ниже. В целом показатели сырого протеина оцениваются выше среднего (10,4 % среднее по России) по всем вариантам [10]. Наибольшее содержание сырого протеина наблюдается на 9-м варианте (выше контрольного на 2,4 %). Также было отмечено снижение содержания сырого протеина от ранних фаз развития к более поздним. Наибольшее значение сырого жира отмечено на 9-м варианте (на 8,8 % больше контрольного). Содержание сырой золы на 7-м варианте на 16,2 % больше, чем на контрольном варианте. Содержание кальция и фосфора в соотношениях 1,8-1 на всех вариантах; данное соотношение близко к 2:1, что соответствует быстрому усвоению кальция и фосфора. В целом растительная продукция соответствует нормативам качества кормов [10].

Заключение

По результатам эксперимента установлено положительное влияние гуминового удобрения на высоту растений. Исследования показали, что у вики на 15-й, 23-й, 51-й, 57-й и у овса на 14-й, 23-й, 51-й, 57-й дни по высоте растений установлены наилучшие результаты на 7-м варианте с внесением биогумуса 0,04 кг/контейнер и гуминового удобрения 6 мл/контейнер. Применяемый комплекс гуминового удобрения создает условия для более дружных и ранних всходов. Смена фенологических фаз вегетации наступала одинаково на вариантах с применением гуминового удобрения 6 мл/контейнер с биогумусом 0,04 кг/контейнер – 7-й вариант, торфа 0,24 кг/контейнер – 8-й вариант, навоза 0,12 кг/контейнер – 9-й вариант, минеральных удобрений $N_{0,12}P_{0,12}K_{0,12}$ – 10-й вариант. Однако на урожайность в конечном итоге сочетание биогумуса 0,04 кг/контейнер и гуминового удобрения 7 мл/контейнер оказало наилучшее достоверное воздействие. При этом урожай кормов соответствовал нормативам качества. Гуминовое удобрение способствовало улучшению качества корма. В дальнейшем представляется целесообразным проведение исследований по определению последствий внесения мелиорантов и воздействию на динамику изменения тяжелых металлов в почве.

Список источников

1. Айтбаев, Т. Е. Сохранение и повышение плодородия почвы при органическом овощеводстве в

условиях юго-востока Казахстана / Т. Е. Айтбаев, А. Т. Айтбаева, Б. А. Турегельдиев // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 3. – С. 9-19.

2. Влияние биоудобрений и известкования на продуктивность вико-овсяной смеси и изменение микробиоценоза дерново-подзолистой почвы / А. Н. Налиухин, А. А. Завалин, О. В. Силуянова, Д. А. Белозеров // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 6. – С. 21-26.

3. Еремин, Д. И. Сохранение плодородия сибирских черноземов, как неотъемлемая часть продовольственной безопасности страны / Д. И. Еремин // Агропродовольственная политика России. – 2017. – № 10(70). – С. 83-89.

4. Павлов, А. А. Опыт применения гуминовых препаратов, их воздействие на свойства почвы и продукционные процессы растений / А. А. Павлов // Образовательная система: время перемен : Сборник научных трудов. – Казань : ООО "СитИ-вент", 2019. – С. 222-226.

5. Поддержание и сохранение почвенного плодородия в условиях органического земледелия / И. Я. Пигорев, Н. В. Беседин, И. В. Ишков, В. В. Грудинкина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 9. – С. 7-14.

6. Продуктивность вико - овсяной смеси в кормовом севообороте при различных технологиях возделывания / Т. П. Сабирова, Р. А. Сабиров, С. В. Щукин [и др.] // Владимирский земледелец. – 2018. – № 4(86). – С. 33-37. – DOI 10.24411/2225-2584-2018-10038.

7. Трофимова, Л. С. Сохранение и воспроизводство почвенного плодородия сельскохозяйственных земель России / Л. С. Трофимова // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук. – 2018. – № 1. – С. 244-245.

8. Фотосинтетический потенциал и продуктивность вико-овсяной смеси в зависимости от обработки почвы и удобрений в условиях Северо-Западного региона / Т. П. Сабирова, С. В. Щукин, Р. А. Сабиров, Е. В. Носкова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2019. – № 1(45). – С. 16-21.

9. Эффективность внутрипочвенного внесения органических удобрений / В. Г. Сычев, Г. Е. Мерзлая, Р. А. Афанасьев [и др.] // Плодородие. – 2021. – № 4(121). – С. 33-36. – DOI 10.25680/S19948603.2021.121.10.

10. Яковлева, М. И. Действие и последствие зернобобовых культур в звеньях севооборота / М. И. Яковлева, Д. А. Дементьев, Н. Н. Салюкова // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 2(18). – С. 91-96.

References

1. Aitbaev, T. E. *Sokhranenie i povyshenie plodorodiya pochvy pri organicheskom ovoshchevodstve v usloviyah yugo-vostoka Kazahstana* / T. E. Aitbaev, A. T. Aitbaeva, B. A. Turegel'diev // *Pochvovedenie i agrokimiya*. – 2018. – № 3. – S. 9-19.

2. *Vliyanie bioudobrenij i izvestkovaniya na produktivnost' viko-ovsyanoj smesi i izmenenie mikrobocenoza derno-podzolistoj pochvy* / A. N. Naliuhin, A. A. Zavalin, O. V. Siluyanov, D. A. Belozerov // *Rossiyskaya sel'skhozaystvennaya nauka*. – 2017. – № 6. – S. 21-26.

3. *Eremin, D. I. Sokhranenie plodorodiya sibirskih chernozemov, kak neot'emlemaya chast' prodovol'stvennoj*



bezopasnosti strany / D. I. Eremin // *Agroprodukovol'stvennaya politika Rossii*. – 2017. – № 10(70). – S. 83-89.

4. Pavlov, A. A. Opyt primeneniya guminovykh preparatov, ih vozdejstvie na svoystva pochvy i produkcionnye processy rastenij / A. A. Pavlov // *Obrazovatel'naya sistema: vremya peremen* : Sbornik nauchnykh trudov. – Kazan' : OOO "Sitlvent", 2019. – S. 222-226.

5. Podderzhanie i sohranenie pochvennogo plodorodiya v usloviyah organicheskogo zemledeliya / I. YA. Pigorev, N. V. Besedin, I. V. Ishkov, V. V. Grudinkina // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2018. – № 9. – S. 7-14.

6. Produktivnost' viko - ovsyanoj smesi v kormovom sevooborote pri razlichnykh tekhnologiyah vzdelyvaniya / T. P. Sabirova, R. A. Sabirov, S. V. SHCHukin [i dr.] // *Vla-dimirskij zemledec*. – 2018. – № 4(86). – S. 33-37. – DOI 10.24411/2225-2584-2018-10038.

7. Trofimova, L. S. Sohranenie i vosproizvodstvo pochvennogo plodorodiya sel'skohozyajstvennykh zemel' Rossii / L. S. Trofimova // *Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v oblasti estestvennykh i sel'skohozyajstvennykh nauk*. – 2018. – № 1. – S. 244-245.

8. Fotosinteticheskij potencial i produktivnost' viko-ovsyanoy smesi v zavisimosti ot obrabotki pochvy i udobrenij v usloviyah Severo-Zapadnogo regiona / T. P. Sabirova, S. V. SHCHukin, R. A. Sabirov, E. V. Noskova // *Vestnik APK Verhnevolzh'ya*. – 2019. – № 1(45). – S. 16-21.

9. Effektivnost' vnutripochvennogo vneseniya organicheskikh udobrenij / V. G. Sychev, G. E. Merzlaya, R. A. Afanas'ev [i dr.] // *Plodorodie*. – 2021. – № 4(121). – S. 33-36. – DOI 10.25680/S19948603.2021.121.10.

10. YAKovleva, M. I. Dejstvie i posledejstvie zernobobovykh kul'tur v zven'yah sevooborota / M. I. YAKovleva, D. A. Dement'ev, N. N. Salyukova // *Permskij agrarnyj vestnik*. – 2017. – № 2(18). – S. 91-96.

Информация об авторах

Паелов Артем Андреевич, канд. биол. наук, Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, Рязань, Россия, kupoz@mail.ru

Author Information

Pavlov Artyom Andreevich, Candidate of Biological Sciences, Researcher, Meshchersky Branch of the A.N. Kostyakov VNIIGiM, Ryazan, Russia, kupoz@mail.ru

Статья поступила в редакцию 04.05.2023; одобрена после рецензирования 02.06.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 04.05.2023; approved after reviewing 02.06.2023; accepted for publication 05.06.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т. 15, №2, с. 45-51
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №2, pp. 45-51

Научная статья
УДК 631.252
DOI:

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДОБРЕНИЯ И СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА ДЛЯ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Игорь Яковлевич Пигорев¹✉, Оксана Владимировна Никитина²

^{1,2} Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, г. Курск, Россия

¹igoigo4@mail.ru,

²Nikioxana2009@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Площадь земель сельскохозяйственного назначения ограничена, в результате чего необходимо использовать новые технологии возделывания зерновых культур для увеличения объемов зерна высокоурожайных сортов. Цель исследования – определение в условиях некорневого питания влияния удобрений и стимуляторов роста на продуктивность озимой пшеницы.

Методология. Исследования были проведены в ООО «Золотой колос» Пристенского района Курской области. Двухфакторный опыт включал изучение влияния на продуктивность озимой пшеницы сорта Алексеич азотных удобрений (мочевина, карбамидно-аммиачная смесь), комплексного удобрения в хелатной форме (кристалон специальный) и стимуляторов роста (Силк и АГАТ-25К).

Результаты. Исследования показали, что использование агрохимикатов в период весеннего кущения и выхода растений пшеницы в трубку по листу повышает технологические и химические показатели качества зерна. В результате проведенные агроприемы привели к увеличению количества зерен в колосе на 16,2 % или на 6,4 шт. Под действием некорневого питания пшеницы зерно формировалось более выполненным и крупным с массой зерен до 42,4 г под действием кристалона, до 42,0 г под действием КАС-32 и 41,5 г в ходе обработки мочевиной. Структура урожая колоса обеспечивала рост его массы на 20,1-22,6 %, а биологическая урожайность при обработке изучаемыми препаратами по листу возрастала в лучших вариантах на 1,57 т/га или на 29,4 %. Эффективность стимуляторов роста была ниже, чем удобрений, и показала прибавку зерна к контролю только на 0,11-0,14 т/га. Дополнительное некорневое питание изменило биохимический состав зерна и его товарные качества. Количество клейковинных белков в зерне опытных деленок возрастало на 2,6 % под действием мочевины, на 3,7 % под действием КАС-32 и на 4,3 % от действия кристалона.

Заключение. Применение удобрений КАС-32 и кристалона совместно со стимуляторами роста Силк и АГАТ-25К позволяет получать сильное зерно 2 класса.

Ключевые слова: озимая пшеница, некорневое питание, удобрения, стимуляторы роста

Для цитирования: Пигорев И.Я., Никитина О.В. Удобрения и стимуляторы роста для некорневых подкормок озимой пшеницы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15, № 2. С.45-51 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.84.12.007>

Original article

FERTILIZERS AND GROWTH STIMULANTS FOR FOR FOLIAR APPLICATION OF WINTER WHEAT

Igor Ya. Pigorev,¹✉ Oksana V. Nikitina ²

^{1,2} Kursk State Agricultural Academy Named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

¹igoigo4@mail.ru

²Nikioxana2009@yandex.ru

Annotation.

Problem and purpose. The area of agricultural land is limited, as a result of which it is necessary to use new technologies for the cultivation of grain crops to increase the volume of grain of high-yielding varieties. The aim of the study is to determine the effect of fertilizers and growth stimulants on the productivity of winter wheat under conditions of foliar nutrition.

Methodology. The studies were carried out in LLC "Zolotoy Kolos" of the Pristensky district of the Kursk



region. The two-factor experiment included the study of the effect of nitrogen fertilizers (urea, carbamide-ammonia mixture), complex fertilizer in chelated form (special crystal) and growth stimulants (Silk and AGAT-25K) on the productivity of winter wheat variety Alekseich.

Results. Studies have shown that the use of agrochemicals during the period of spring tillering and the emergence of wheat plants in the tube on the leaf increases the technological and chemical indicators of grain quality. As a result, the agricultural practices carried out led to an increase in the number of grains in the ear by 16.2% or 6.4 pieces. Under the influence of foliar nutrition of wheat, the grain was formed more complete and large with a weight of 1000 grains up to 42.4 g under the action of crystal, up to 42.0 g under the action of KAS-32 and 41.5 g during treatment with urea. The structure of the ear yield ensured an increase in its mass by 20.1 - 22.6%, and the biological yield when working with the studied preparations on the leaf increased in the best options by 1.57 t/ha or by 29.4%. The effectiveness of growth stimulants was lower than that of fertilizers and showed an increase in grain to the control only by 0.11 - 0.14 t/ha. Additional foliar nutrition has changed the biochemical composition of the grain and its commercial qualities. The amount of gluten proteins in the grain of experimental plots increased by 2.6% under the action of urea, by 3.7% under the action of KAS-32 and by 4.3% under the action of crystal.

Conclusion. The use of fertilizers KAS-32 and crystallon together with the growth stimulants Silk and AGAT-25K makes it possible to obtain strong grain of the 2nd class.

Key words: winter wheat, foliar nutrition, fertilizers, growth stimulants

For citation: Pigorev I.Y., Nikitina O.V. Fertilizers and growth stimulants for foliar application of winter wheat // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023, Vol. 15, № 2, P 45-51 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.84.12.007>

Введение

Зерно пшеницы для населения многих стран является основным продуктом питания, сырьем для перерабатывающей промышленности [1, 2]. Россия, занимая третье место по производству и пятое место по экспорту зерна на протяжении многих лет, устойчиво сохраняет посевные площади под озимой и яровой пшеницей [3]. В Курской области эта культура занимает лидирующее положение в структуре с ежегодными площадями посева более 400 тыс. га.

Ограниченность земельных угодий сельскохозяйственного назначения требует для дальнейшего роста объемов зерна высокоурожайных сортов и новых технологий возделывания. Современные сорта интенсивного типа имеют высокий уровень минерального питания на всех периодах вегетации культуры. Однако повышение агрофона удобрениями не всегда оправдано и часто ведет к удорожанию продукции, загрязнению природной среды. Альтернативой основного (корневого) питания сельскохозяйственных культур сегодня рассматриваются различные агрохимикаты, используемые в качестве некорневых подкормок по листу вегетирующих растений. Небольшие дозы удобрений и стимуляторов роста в водных растворах сокращают расходную часть технологии возделывания, не создают проблем с экологией [4, 5]. Накопленный опыт использования азотных удобрений, стимуляторов роста указывает на рост как урожайности зерна, так и его качества [6, 7, 8].

Целью наших исследований было изучение роли удобрений и стимуляторов роста на продуктивность озимой пшеницы сорта Алексеич в условиях некорневого питания на черноземе типичном.

Материал и методы исследования

Опыты проведены в 2020-2022 гг. на почвах ООО «Золотой колос» Пристенского района Курской области, представленных черноземом ти-

пичным. Исследования включали изучение двух факторов – удобрений и стимуляторов роста. В исследованиях использовались следующие удобрения: мочевины в количестве 50 кг/га, карбамидно-аммиачная смесь (жидкая, 32 %) в количестве 65 л/га и кристаллон специальный ($N_{18}P_{18}K_{18}$) в количестве 2 кг/га. Расход рабочей жидкости составил 400 л/га. Из стимуляторов роста использовали препараты Силк и АГАТ-25К, с расходом препарата по 150 г/га.

В опыте объектом исследования был сорт озимой пшеницы Алексеич, площадь посева которого в Курской области превышает 100 тыс. га.

Почва опытного участка в силу хорошей оструктуренности обладала высокой инфильтрационной способностью. Оценка водных свойств педоценоза показала неоднородность фильтрации воды в генетических горизонтах. Послойное определение коэффициента фильтрации показало лучшие значения впитывания в верхнем обрабатываемом слое (20 см) и снижение с 3,4 до 1,1 мм/мин в переходном горизонте (80-100 см).

Почва имела значения максимальной гигроскопичности (7,9 %) и влажности завядания (11,8 %). С глубиной эти показатели динамично снижаются до 5,1 и 7,7 %. Объясняется это затуханием процессов почвообразования с глубиной и снижением поступления органики и элементов питания в почву в результате хозяйственной деятельности (табл. 1).

При активной обработке верхних слоев почвенного покрова наблюдается изменение плотности сложения почвы. В силу процессов почвообразования и свойств материнской породы по профилю наблюдается рост значений плотности твердой фазы почвы с 2,54 до 2,70 г/см³. Плотностью почвы и плотностью твердой фазы определяется воздушный режим, который благоприятен для полевых культур и в верхних слоях достигает 56,3 %.



Таблица 1 – Водно-физические свойства типичного чернозема Курского района Курской области

Глубина отбора образца, см	Максимальная гигроскопичность,	Влажность завядания, %	Плотность почвы,	Плотность твердой фазы почвы, г/см ³	Общая порозость, %	Коэффициент фильтрации, мм/мин.
0-20	7,90	11,80	1,11	2,54	56,3	3,40
20-40	7,40	11,00	1,28	2,60	50,7	2,60
40-60	6,70	10,10	1,34	2,65	48,5	1,70
60-80	6,00	9,00	1,36	2,67	48,3	1,30
80-100	5,10	7,70	1,41	2,70	47,7	1,10

Проведение агрохимических анализов показало, что содержание гумуса по профилю существенно колеблется от 6,3 до 2,5 %, динамично убывая с глубиной (табл. 2).

Таблица 2 – Агрохимические свойства почв опытного участка

Глубина отбора, см	Гумус, %	рН (КС1)	Гидролитическая кислотность (Нг)	Обменные основания		Степень насыщенности основаниями (V), %	N щ/г	P ₂ O ₅	K ₂ O
				Ca ²⁺	Mg ²⁺				
				мг – экв./на 100 г			мг/кг		
0-20	6,0	6,0	3,6	23,0	6,2	82,1	101,4	106,4	74,3
20-40	5,7	6,3	3,4	24,4	4,8	86,4	84,3	93,7	84,7
40-60	4,1	6,5	3,2	25,2	4,2	88,0	71,6	80,4	90,3
60-80	3,2	6,7	3,1	25,8	4,3	89,3	53,7	60,3	94,2
80-100	2,4	6,7	2,9	27,1	4,0	89,9	31,4	54,8	93,6

Почва имеет нейтральную реакцию водной вытяжки (рН 6,0) с устойчивой закономерностью подщелачивания других горизонтов. Гидролитическая кислотность показывает отсутствие необходимости известкования (3,6 мг-экв. на 100 г), что свидетельствует о малом содержании обменных катионов (Ca²⁺, Mg²⁺) в верхних слоях. Постоянный вынос с урожаем и миграция их в нижележащие горизонты требует проведения дополнительных мелиоративных мероприятий на старопахотных почвах.

Результат агрохимического обследования свидетельствует согласно классификации о средней обеспеченности почв щелочно-гидролизуемом азотом и обменным калием, повышенным подвижным фосфором. Оценка продуктивности земель опытного участка по естественному плодородию указывает на возможную базисную урожайность озимой пшеницы по азоту 2,32 т/га, по фосфору – 2,54 т/га, по калию – 1,92 т/га. При фактически среднем уровне плодородия урожайность озимой пшеницы может достигать 2,26 т/га.

Анализируя погодные условия в годы проведения исследований, следует отметить, что 2020-2021 год был более теплым и имел среднюю температуру 9,1° С, что на 3,4° С выше средних многолетних значений. Что касается 2021-2022 года, то он был более прохладным со средней за год температурой 7,6° С, которая на 1,9° С выше нормы для г. Курска.

Количество осадков в 2020-2021 сельскохозяйственном году составило 521 мм, что равняется 85 % от средних многолетних значений. В 2021-

2022 году выпало на 34 мм больше, чем в предыдущем, то есть 555 мм осадков (91%). В итоге, 2021-2022 сельскохозяйственный год был более теплым и сухим, чем 2020-2021 год.

Результаты исследований и их обсуждение.

На современном этапе развития растениеводства увеличение продуктивности посевных площадей возможно путем реализации потенциала используемых сортов. Программирование урожайности полевых культур выстраивается на формировании конкретных элементов структуры урожая.

По заключению ряда ученых, реальное достижение урожая озимой пшеницы на уровне восьми тонн с гектара осуществимо при следующих показателях: наличия продуктивных стеблей в посевах более 550 шт/м², числе зерен в колосе около 40 штук, массе зерна с одного колоса не менее 1,7-1,9 граммов, массе 1000 зерен в пределах 44-47 граммов [3, 6, 7].

Такие показатели возможны при соответствующих биометрических значениях растений сорта. При разнообразии сортов и их индивидуальности определяющими продуктивностью хлебостоя пшеницы являются высота растений и длина колоса. Влияние используемых технологий проявляется в раскрытии генетических признаков возделываемых сортов.

Проведение учета структуры урожая озимой пшеницы Алексеич показало существенное различие биометрических показателей по вариантам и годам исследований. Весеннее кущение пшеницы в 2021 году частично компенсировало слабое



развитие с осени, но количество продуктивных стеблей к концу вегетации было на 12-16 % меньше, чем в посевах 2019 года. Средние значения количества продуктивных стеблей по опыту колебались от 336 до 358 шт/м². Наибольшее влияние на увеличение числа продуктивных стеблей оказывали удобрения (мочевина +11; КАС-32 +15; кристалон +19). Стимуляторы роста, используемые отдельно и совместно с удобрениями, увеличивали число продуктивных стеблей на 2-6 шт/м², или на 1,0-1,8 %. Изменение числа продуктивных стеблей в изучаемых вариантах продиктовано

лучшим развитием, сохранностью и выживаемостью растений под влиянием внекорневых подкормок (табл. 3).

Крупность, как и масса зерновки, является сортовым признаком. Для сорта озимой пшеницы Алексеич масса 1000 зерен, заявленная оригинатором, достигает 42-48 граммов. В нашем опыте она колебалась по вариантам от 40,2 до 42,7 граммов. Следует отметить, что в 2020 году максимальные значения массы 1000 семян достигали 44,1 граммов, а в 2021 году только 41,3 граммов.

Таблица 3 – Структура урожая озимой пшеницы (среднее за 2020–2022 гг.)

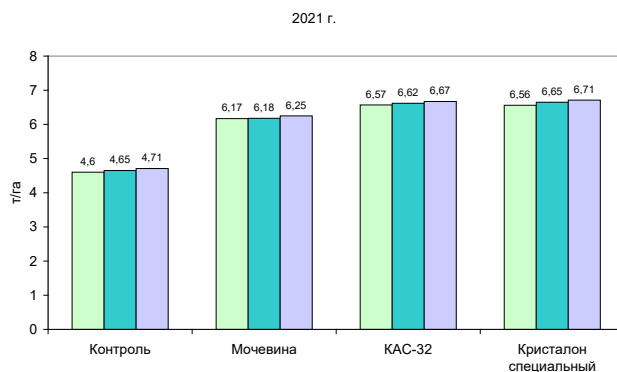
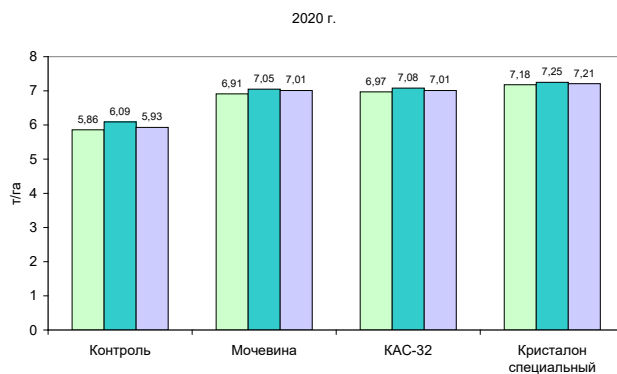
Удобрения (фактор А)	Стимуляторы роста (фактор В)	Количество продуктивных стеблей на 1м ²	Число зерен в колосе, шт	Масса зерна в колосе, г	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность, т/га
Без удобрений (контроль)	Контроль	336	39,6	1,59	40,2	5,35
	Силк	342	39,7	1,61	40,5	5,49
	АГАТ-25К	340	39,9	1,61	40,4	5,46
Мочевина (N – 46%)	Контроль	347	46,0	1,91	41,5	6,62
	Силк	350	46,0	1,92	41,7	6,71
	АГАТ-25К	350	45,8	1,91	41,7	6,70
КАС-32 (N – 32%)	Контроль	351	45,9	1,93	42,0	6,79
	Силк	357	46,0	1,93	42,2	6,89
	АГАТ-25К	355	45,8	1,93	42,1	6,86
Кристалон специальный (N ₁₈ P ₁₈ K ₁₈)	Контроль	355	46,0	1,95	42,4	6,92
	Силк	358	45,9	1,96	42,7	7,01
	АГАТ-25К	357	46,0	1,96	42,6	6,99

Максимальные значения массы 1000 семян в среднем за три года получены от действия кристалона (42,4 г), КАС-32 (42,0 г) и мочевины (41,5 г). Следовательно, наблюдается увеличение к контролю 1,3-2,2 г, или 3,2-5,5 %.

В результате проведенных исследований по вариантам опыта наблюдалось существенное изменение массы зерна в колосе, что связано с разной озерненностью колоса и массой 1000 зерен. Более тяжелый колос формировался под воздействием удобрений. Прирост его массы под влиянием кристалона достигал 0,36 граммов, а КАС-32 и мочевины – 0,34 и 0,32 граммов, соответственно. Увеличение к контролю достигало 20,1-22,6 %. Действие стимуляторов роста на массу зерна не проявилось при совместном их внесении с удобрениями или было в пределах ошибки опыта при их использовании без удобрений.

Расчет биологической урожайности показал высокую результативность двукратного применения растворов удобрений по листу.

Действия агрохимикатов было разным в годы наблюдений (рис. 1). В лучшем по развитию и урожайности пшеницы 2020 году стимуляторы роста повышали урожайность на 1,2-3,9 % при значениях в вариантах на фоне применения препарата Силк – 6,09 т/га и 5,93 т/га на фоне препарата АГАТ-25К. Подобная закономерность прослеживалась и в благоприятном по гидротермическим





условиям 2022 году. Однако в 2021 году у озимой пшеницы период вегетации был на 8-10 дней короче других лет исследований, а осеннее кущение было недостаточным для закалки и перезимовки. Действие стимуляторов роста в этом году было минимальным, не достигая в отдельных вариантах достоверных значений. В то же время двукратное применение удобрений по листу было эффективнее на 48,5-77,5 %, чем в опыте 2020 года и на 31,9-58,8 %, чем в 2022 году.

Полученные результаты продуктивности озимой пшеницы по годам в условиях некорневого питания растений агрохимикатами показали зависимость от агроэкологических факторов. Наибольшая пестрота учитываемых значений в годы исследований была в количестве продуктивной влаги на начало весенней вегетации, сумме ак-

тивных температур и величине осадков в период формирования репродуктивных органов пшеницы. В почвах опытного участка количество продуктивной влаги на период наступления климатической весны содержалось в метровом слое: 2020 г. 169,3 мм; 2021 г. – 152,6 мм; 2022 г. – 182,4 мм. Гидротермический коэффициент в критические фазы развития пшеницы колебался в 2020 г. от 0,67 до 0,88; в 2021 г. от 0,70 до 1,02; в 2022 г. от 0,75 до 1,11. При средних значениях за весенне-летнюю вегетацию пшеницы: 2020 г. – 0,79; 2021 г. – 0,89; 2022 г. – 0,94. Перечисленные абиотические факторы коррелируют с показателями роста продуктивности и эффективности некорневого питания растений озимой пшеницы сорта Алексеич удобрениями и стимуляторами роста.

В среднем за три года кристалон, содержащий в своем составе азот, фосфор и калий в хелатной форме, обеспечивал урожайность зерна на уровне 6,92 т/га с прибавкой к контролю на 1,5 т/га или 29,4 %. Действие КАС-32 и мочевины было также достоверно высоким и позволяло собирать урожай зерна по 6,79 и 6,62 т/га. Действие стимуляторов роста было выражено при их использовании самостоятельно. Двукратная обработка по листу препаратом Силк повышала урожайность зерна пшеницы до 5,49 т/га с прибавкой к контролю 0,14 т/га, а препаратом АГАТ-25К – 5,46 т/га с прибавкой 0,1 т/га. В баковых смесях одновременное применение стимуляторов роста с удобрениями снижает результативность приема до урожайности 6,71-7,01 т/га и прибавки 0,09 - 0,10 т/га от препарата Силк, до урожайности 6,70 - 6,99 т/га и прибавки 0,07- 0,08 т/га от препарата АГАТ-25К.

Применение удобрений и стимуляторов роста по листу влияет как на величину формирования общей биомассы растений пшеницы, так и на количество созданного зерна. Известно, что соотношение в урожае зерна и соломы озимой пшеницы зависит от сортовых особенностей культуры. Со-

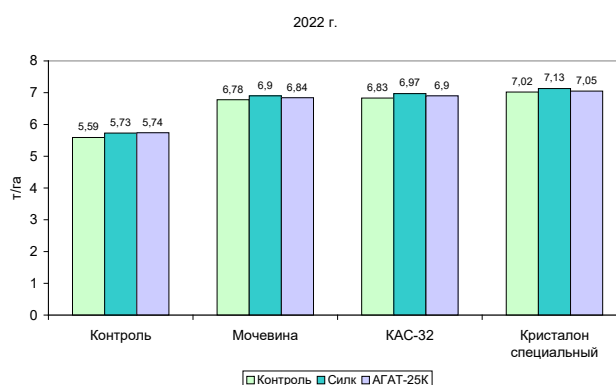


Рис. 1 – Урожайность озимой пшеницы в годы исследований

Fig. 1 – Yield of winter wheat in the years of research

временная селекция направлена на эффективную работу вегетативной массы, а из этого следует, что доля зерна в общебиологическом урожае должна быть максимальной. Соотношение зерна к соломе принято именовать хозяйственным коэффициентом, величина которого варьировала в широком диапазоне и зависела от сортовых признаков, погодных условий и силы антропогенного фактора (удобрений, стимуляторов роста, пестицидов).

В нашем опыте действие удобрений и стимуляторов роста изменяло хозяйственный коэффициент от 0,40 до 0,47. В среднем за два года наблюдений применение стимуляторов роста без удобрений способствовало нарастанию соломы, и коэффициент снижался с 0,45 до 0,42-0,43. Из всех удобрений нарастало соломы больше от мочевины, где коэффициент опускался до 0,40. Ниже коэффициент был и от действия КАС-32 (0,43). Максимальное отношение зерна к соломе было от применения кристалона (0,46) которое превышало как контрольный вариант, так и вариант с мочевиной и КАС-32. Применение стимуляторов роста совместно с удобрениями сдерживало нарастание соломы и повышало хозяйственный коэффициент до 0,41-0,42 при использовании с мочевиной и до 0,44 – при использовании с КАС-32. Внесение стимулятора роста Силк с кристалоном повышало коэффициент с 0,46 до 0,47. Действия препарата АГАТ-25К в такой комбинации не обнаружено.

Наши исследования подтвердили существующие закономерности накопления клейковинных белков от погодных условий и применения азотных удобрений в период вегетации пшеницы. В 2020 году содержание клейковины зерна в вариантах опыта было на 1,4-2,1 % ниже, чем в зерне урожая 2021 года. В среднем за два года наблюдений установлена положительная роль стимуляторов роста и удобрений, используемых по листу, на количество сырой клейковины в зерне (табл. 4).



Таблица 4 – Качество зерна озимой пшеницы сорта Алексеич в вариантах опыта (среднее за 2020–2022 гг.)

Удобрения (фактор А)	Стимуляторы роста (фактор В)	Содержание клейковины, %	Натура, г/л	Стекловидность, %	качество клейковины, у.е. ИДК-3А
Без удобрений (контроль)	Контроль	24,7	760	61	89
	Силк	25,1	766	63	84
	АГАТ-25К	25,0	765	63	86
Мочевина (N – 46%)	Контроль	27,3	783	70	79
	Силк	27,5	785	71	77
	АГАТ-25К	27,5	784	70	78
КАС-32 (N – 32%)	Контроль	28,4	788	72	75
	Силк	28,6	789	72	74
	АГАТ-25К	28,6	789	73	74
Кристалон специальный (N ¹⁸ P18K18)	Контроль	29,0	793	76	73
	Силк	29,1	794	77	73
	АГАТ-25К	29,1	794	77	72

Наиболее контрастно отмечено действие удобрений. Содержание клейковины повышалось от обработки посевов мочевиной на 2,6 %, КАС-32 – на 3,7 % и кристалоном – на 4,3 %. Влияние стимуляторов роста на количество клейковины было слабее и не превышало 0,4 % от препарата Силк и 0,3 % – от препарата АГАТ-25К. Совместное применение стимуляторов роста с удобрениями снижало их действие до 0,2 % при использовании с мочевиной и КАС-32 и до 0,1 % – при использовании с кристалоном.

Важными параметрами при оценке сырой клейковины в зерне озимой пшеницы являются показатели не только ее количества, но и ее качества. Средние за три года значения показали, что в вариантах применения КАС-32 и кристалона зерно по количеству и качеству клейковины соответствует первой группе качества. В иных вариантах клейковина зерна оценивалось в пределах 78-89 единиц и соответствовала второй группе качества. Показатель степени гидратации клейковины является важным показателем, так как сырая клейковина представляет собой гидратированное коллоидное количество воды. Значения данного показателя лежат диапазоне от 120 до 350 %. Наши исследования показали, что степень гидратации клейковины зерна озимой пшеницы сорта Алексеич в годы проведения опыта составляла 205-275 мм.

Одним из показателей качества зерна является натура. В наших условиях этот показатель изменялся как по годам наблюдений, так и в вариантах опыта. Наиболее выполненным и полностью было зерно в 2020 году. В целом за два года натура зерна изменялась в вариантах от 760 до 794 г/л. Рост этого показателя отмечен как от минеральных удобрений, так и от стимуляторов роста, однако действие удобрений обеспечивало прирост натуры зерна на 3,0 % от мочевины, на 3,7 % – от КАС-32 и на 4,5 % – от кристалона, что существенно выше, чем от действия стимулято-

ров роста, где прирост был в пределах 1 %.

Удобрения и стимуляторы роста положительно влияли на величину стекловидности. В нашем опыте стекловидность изменялась от 61 до 77 %. Лучший результат стекловидности зерна получен от применения кристалона, где стекловидность выросла с 61 до 76 %.

Заключение

В итоге трехлетних исследований установлено, что внекорневое питание озимой пшеницы сорта Алексеич с помощью опрыскивания растений в ходе вегетации по листу растворами удобрений КАС-32 и кристалона самостоятельно и совместно со стимуляторами роста Силк и АГАТ-25К в посевах озимой пшеницы сорта Алексеич позволяет на чернозёме типичном получать до 7,0 т/га сильного зерна 2 класса.

Список источников

- Гордеев А.В., Бутковский В.А., Алтухов А.И. Российское зерно – стратегический товар XXI века. М.: ДеЛ и принт, 2007. 472 с.
- Проблемы повышения качества пшеницы в стране требуют комплексного решения / А.И. Алтухов, А.А.Завалин, Н.З. Милащенко и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии 2020. №2. С. 32-39.
- Роль биологически активных препаратов в повышении продуктивности агрокультур / О.В. Лукьянова, Н.В. Вавилова, Д.В. Виноградов и др. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2021. №1 (49). С. 30-39.
- Assessment of microorganisms and heavy metals' content in the soils of arboretum named after Nikolai Klyuev / Khamitova S.M., Glinushkin A.P., Avdeev Yu.M., et al. // International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences. 2017. Vol. 6. No.3. P. 47-55.
- Physicochemical, functional and sensory properties of Achatamba based Ogi Enriched with hydrolyzed Soy Peptides / Ogori A.F., Uzor O.A.,



Hleba L., Císarová M. et al. // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2020. Vol. 9. No. 4. P. 824–830.

6. Семькин В.А., Пигорев И.Я., Никитина О.В. Баланс элементов питания и гумуса в землях сельскохозяйственного назначения Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 6-11.

7. Лазарев В.И., Никитина О.В. Влияние элементов технологий возделывания яровой пшеницы на влагообеспеченность посевов в условиях чернозёмных почв Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №9. С. 21-28.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Gordeev A.V., Butkovskii V.A., Altukhov A.I. Rossiiskoe zerno – strategicheskii tovar XXI veka. M.:DEL i print, 2007. 472 p.

2. Problemy povysheniya kachestva pshenitsy v strane trebuyut kompleksnogo resheniya / A.I. Altukhov, A.A. Zavalin, N.Z. Milashchenko i dr. // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2020. No. 2. P. 32-39.

3. Rol' biologicheskii aktivnykh preparatov v povyshenii produktivnosti agrokul'tur / O.V. Luk'yanova, N.V. Vavilova, D.V. Vinogradov i dr. // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2021. №1 (49). S. 30-39.

4. Assessment of microorganisms and heavy metals' content in the soils of arboretum named after Nikolai Klyuev / Khamitova S.M., Glinushkin A.P., Avdeev Yu.M., et al.// International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences. 2017. Vol. 6. No.3. P. 47-55.

5. Physicochemical, functional and sensory properties of Achatamba based Ogi Enriched with hydrolyzed Soy Peptides / Ogori A.F., Uzor O.A., Hleba L., Císarová M. et al. // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2020. Vol. 9. No. 4. P. 824–830.

6. Semykin V.A., Pigorev I.YA., Nikitina O.V. Balans ehlementov pitaniya i gumusa v zemlyakh sel'skokhozyaistvennogonaznacheniyaKurskoioblasti//VestnikKurskoigosudarstvennoisel'skokhozyaistvennoi akademii. 2019. No. 3. P. 6-11.

7. Lazarev V.I., Nikitina O.V. Vliyanie ehlementov tekhnologii vzdelyvaniya yarovoi pshenitsy na vlogoobespechennost' posevov v usloviyakh chernozemnykh pochv Kurskoi oblasti // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2022. №9. S. 21-28.

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

Пигорев Игорь Яковлевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и семеноводства, Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, igoigo4@mail.ru

Никитина Оксана Владимировна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры экологии, садоводства и ландшафтного проектирования, Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, Nikioxana2009@yandex.ru

Author Information

Pigorev Igor Y., doctor of agricultural sciences, professor of the department of plant production, seed breeding, Kursk State Agricultural Academy Named after I.I. Ivanov, igoigo4@mail.ru

Nikitina Oksana V., candidate of Agricultural Sciences, associate professor, Department of Ecology, Horticulture and Landscape Design, Kursk State Agricultural Academy Named after I.I. Ivanov, Nikioxana2009@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 11.05.2023; одобрена после рецензирования 31.05.2023.; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 11.05.2023; approved after reviewing 31.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №2, с.52-59
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №2, pp. 52-59

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.92.082
DOI: 10.36508/RSATU.2023.62.69.008

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В ПЛЕМЕННОМ И ПРОМЫШЛЕННОМ КРОЛИКОВОДСТВЕ ДОБАВОК ЖИРА, ИХ ВЛИЯНИЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МОЛОДНЯКА, ПРОДУКТИВНОСТЬ И ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА КРОЛЬЧИХ

Валентина Анатольевна Позолотина¹✉, Галина Николаевна Глотова²

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

¹pozolotinav@mail.ru

²galka270280@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью данной работы являлось изучение способности крольчих гибрида породы хиколь и полученного от них приплода к быстрому росту и развитию за счет эффективного применения в племенном и промышленном кролиководстве стеариновой фракции рыбьего жира, как дополнение к их основному рациону. Имея в виду малочисленность исследований по скармливанию высокоэнергетических рационов кроликам, нами было рассмотрено влияние добавки жира на рост и развитие молодняка, воспроизводительные функции самок и их продуктивные качества.

Методология. Опыты проводили в одном из кролиководческих хозяйств Рязанской области в закрытом крольчатнике. В первом опыте были 66 самок гибридов породы хиколь, распределенные в две группы. Кормить животных по схеме начали за месяц до начала случки и продолжали в периоды беременности и лактации. Вторым опытом проводили с момента отсадки молодняка (середина сентября) до реализации в трехмесячном возрасте. Учитывались: поедаемость корма, воспроизводительные качества крольчих, сохранность поголовья, рост крольчат, оплата корма, привесы, убойный выход мяса, качество шкур, состояние внутренних органов забитых животных в момент реализации.

Результаты. В результате исследований было установлено, что крольчихи первой опытной группы достоверно превосходили аналогов второй опытной группы по количеству полученных окролившихся крольчат – 6,65 и 5,26 штук, штатных – 5,24 и 4,30 штук. Во второй группе наблюдалась пониженная сохранность молодняка на 3 % в результате отхода части самок с пометами в первую неделю после окрола вследствие легочных заболеваний и ринита. Молодняк третьей группы второго опыта достоверно превосходил аналогов других опытных групп – на 0,07-0,09 кг соответственно, он быстрее прибавлял в весе, чем молодняк аналогов, при этом меньше расходовалось корма на 1 кг привеса, что меньше на 15,4 % стоимости его рациона. Сохранность поголовья равна 100 %, качество опушения и убойный выход мяса – нормальные. Дегустация подопытных тушек не выявила значительного ухудшения вкусовых качеств вареного и жареного мяса. Однако, при скармливании молодняку после отсадки стеариновой фракции рыбьего жира (5 % от веса гранулированного комбикорма, всего – 8,5 %) его мясо имело привкус и запах рыбы.

Заключение. Способность кроликов к быстрому росту и развитию позволила предположить эффективность применения специальных добавок жира к их основному рациону, как источника не только энергии, но и незаменимых жирных кислот и витаминов А, Д, Е и К. К тому же добавки жира к гранулированным кормосмесям снижают их распыление, что важно в племенном и промышленном кролиководстве как одно из мероприятий, предупреждающих легочные заболевания животных.

Ключевые слова: гибриды, кролиководство, рост, развитие, продуктивность, воспроизводительные качества, сохранность, добавки жира, тушки

Для цитирования: Позолотина В. А., Глотова Г. Н. Эффективность применения в племенном и



промышленном кролиководстве добавок жира, их влияние на рост и развитие молодняка, продуктивность и воспроизводительные качества крольчих // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №2. С 52-59 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.62.69.008>

Original article

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF FAT ADDITIVES IN BREEDING AND INDUSTRIAL RABBIT BREEDING, THEIR EFFECT ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF YOUNG ANIMALS, PRODUCTIVITY AND REPRODUCTIVE QUALITIES OF RABBITS

Valentina A. Pozolotina^{1✉}, Galina N. Glotova²

^{1,2} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹pozolotina@mail.ru

²galka270280@yandex.ru

Annotation.

The problem and the goal. The purpose of this work was to study the ability of rabbits of the Hicol breed hybrid and the offspring obtained from them to rapid growth and development due to the effective use of stearin fraction of fish oil in breeding and industrial rabbit breeding, as an addition to their basic diet. Bearing in mind the small number of studies on feeding high-energy diets to rabbits, we examined the effect of fat supplementation on the growth and development of young animals, reproductive functions of females and their productive qualities.

Methodology. The experiments were carried out in one of the rabbit farms of the Ryazan region in a closed rabbit house. Under the first experiment there were 66 females of the hybrid breed hicol, distributed in two groups. Feeding the animals according to the scheme began a month before the start of mating and continued during pregnancy and lactation. The second experiment was carried out from the moment the young were deposited (mid-September) to implementation at the age of three months. The following factors were taken into account: feed consumption, reproductive qualities of rabbits, livestock safety, growth and development of baby rabbits, payment

Results. As a result of the research, it was found that the rabbits of the first experimental group were significantly superior to the analogues of the second experimental group in the number of rabbits received – 6.65 and 5.26 pieces, regular ones – 5.24 and 4.30 pieces. In the second group, there was a reduced safety of young animals by 3% as a result of the departure of some females with litters in the first week after okrol due to lung diseases and rhinitis. The young of the third group of the second experiment significantly exceeded the analogues of other experimental groups – by 0.07-0.09 kg, respectively, it adds weight better than the young of analogues, while less feed was consumed per 1 kg of weight gain, which is cheaper by 15.4% of the cost of its diet. The safety of the livestock is 100%, the quality of pubescence and the slaughter yield of meat are normal. The tasting of experimental carcasses did not reveal a significant deterioration in the taste qualities of boiled and fried meat. However, when feeding the young after depositing the stearin fraction of fish oil (5% of the weight of the granulated compound feed, only 8.5%), its meat had a taste and smell of fish.

Conclusion. The ability of rabbits to rapid growth and development allowed us to assume the effectiveness of the use of special fat supplements to their basic diet, as a source of not only energy, but also essential fatty acids and vitamins A, D, E and K. In addition, fat additives to granular feed mixtures reduce their spraying, which is important in breeding and industrial rabbit breeding, as one of the measures that prevent lung diseases of animals.

Key words: hybrids, rabbit breeding, growth, development, productivity, reproductive qualities, preservation, fat additives, carcasses.

For citation: Pozolotina V. A., Glotova G. N. The effectiveness of the use of fat additives in breeding and industrial rabbit breeding, their effect on the growth and development of young animals, productivity and reproductive qualities of rabbits // Herald of th Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol.15, No. 2. p 52-59..<https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.62.69.008>

Введение

Кролики, как и все растительноядные животные, для нормального пищеварения нуждаются в определенном количестве витаминно-минеральных подкормках по данным Смирновой И.Р. и Чувакина Р.А. (2017) [1]. Шмакова В.В., Ярмоц Г.А. (2022), Хохрин С.Н., Савенко Ю.П., Галецкий В.Б. (2020), Агейкин А.Г. (2021) и Балакирев Н.А., Тинаева Е.А., Тинаев Н.И. (2022) утверждают, что до-

бавки жира в кормовом рационе особенно важны для кроликов [2-5].

Кормление кроликов вволю полнорационными гранулированными кормами поставило перед учеными-кроликоведами (Квартников М.П., Квартникова Е.Г. (2022), Обухов Г.В., Сарапулова Т.В. (2016), Шумилина Н.Н., Калугин Ю.А., Балакирев Н.А. (2016), Кахикало В.Г., Баландин А.А., Назарченко О.В. (2019)) истинную проблему – избежать



ожирения у животных основного стада [6-9].

Формирование конституциональной крепости молодняка кроликов и в будущем высокой продуктивности для получения экономической выгоды от разведения – система направленного выращивания кроликов, учитывающая индивидуальность развития и роста молодых организмов [10].

Не безызвестный факт, что сбалансированное по всем показателям питание кроликов – одно из главных условий успешного ведения кролиководства. Важную роль в сбалансированном кормовом рационе играют добавки жира. Зачастую добавок жира, содержащихся в кормах, недостаточно для животных, ведь они представлены в минимальных количествах [11]. Поэтому очень важно обеспечить животных добавками жира, так как наличие их в организме помогает обеспечить нормализацию обмена веществ, улучшить продуктивные качества животного, избежать многих заболеваний [12].

Кормление всех животных, в том числе и кроликов, организуют по нормам кормления, которые созданы и разработаны с учетом возраста этих животных, живой массы и физиологического состояния [13-15].

Принимая во внимание то, что формирование молодого организма происходит за счет питательных веществ, содержащихся в корме, можно установить, что в прямой зависимости от кормления молодняка находятся скорость его роста и развития, а также живая масса особи [16, 17].

Следовательно, при нарушении сбалансированного рациона, в состав которого должны входить добавки жира, наблюдается задержка роста и нарушение пропорциональности телосложения, что в дальнейшем приводит к получению низкопродуктивного и отстающего в развитии животного.

Добавки жира к гранулированным кормосмесям снижают их распыление, что важно в промышленном кролиководстве, как одно из мероприятий, предупреждающих легочные заболевания животных [18, 19].

Целью данной работы являлось изучение

способности крольчих гибрида породы хиколь и полученного от них приплода к быстрому росту и развитию за счет эффективного применения в племенном и промышленном кролиководстве стеариновой фракции рыбьего жира, как дополнения к их основному рациону.

В задачи наших исследований входило: оценить эффективность скармливания высокоэнергетических рационов кроликам, рассмотреть влияние добавки жира на рост и развитие молодняка, воспроизводительные функции самок и их продуктивные качества.

Научная новизна исследований. Рассмотрение данной темы представляет научный интерес для племенного и промышленного кролиководства в целом, так как впервые на крольчихах в период подготовки к случке, сукрольности и лактации было изучено влияние стеариновой фракции (в количестве 2 г) при скармливании к основному рациону, а также опыт на молодняке, полученном от крольчих первого опыта при добавке к их основному рациону 3 %, 5 %, 7 % стеариновую фракцию рыбьего жира.

Возможность дальнейшего практического применения в племенном и промышленном кролиководстве результатов исследований даст неоспоримый эффект от применения специальных жировых добавок к основному рациону кроликов, как источника энергии, незаменимых жирных кислот, витаминов А, Д, Е и К. Добавки жира к гранулированным кормосмесям снизят их распыление с целью предупреждения легочных заболеваний кроликов.

Материалы и методы исследования

Нами были проведены две серии опытов, которые проводили в одном из кролиководческих хозяйств Рязанской области в закрытом крольчатнике и лаборатории ФГБУ ЦАС «Владимирский». Под первым опытом были 66 самок гибрида породы хиколь, распределенных в две группы методом мини-групп.

Кормили подопытных кроликов по первой схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема первого опыта

Группа	Количество самок в опыте	Уровень кормления		
		подготовка к случке	сукрольность	лактация
I	33	основной рацион (О.Р.)	основной рацион	основной рацион
II	33	О.Р. + 2 г жира (стеариновая фракция)	О.Р. + 2 г жира	О.Р. + 2 г жира

В первой группе (n=33) в следующие периоды: подготовка к случке, сукрольность и лактация крольчихам давали основной рацион. Во второй группе (n=33) во все вышеперечисленные периоды к основному рациону добавляли стеариновую фракцию жира в количестве 2 г.

Кормовые смеси готовили каждые 1-2 дня.

Специальные антиокислители жира в корм не включали, так как температура воздуха в крольчатнике не превышала 12° С и прогоркнуть жир не мог.

Кормить животных по схеме начали за месяц до начала случки и продолжали в периоды беременности и лактации. Рацион опытных животных



состоял из травяной муки, овса, ячменя, пшеничных отрубей, подсолнечного шрота, кормовых дрожжей и рыбной муки. Из минерально-витаминных добавок включались мел, соль и польфамикс. В воздушно-сухом веществе рациона содержание сырого протеина колебалось от 19,6 до 20,9 %, жира – 3,6-3,7, клетчатки – 11,9-13,3, золы – 4,9-6,6 %; ЭКЕ в 100 г корма – 89,2 %.

Углеводно-жировое соотношение в основном рационе при содержании 3,6 % сырого жира в воздушно-сухом веществе составило 7,3:1. В рацио-

не с добавкой 2 % стеариновой фракции рыбьего жира (5,5 % сырого жира в воздушно-сухом веществе) – 5,3:1. Последний показатель рассчитан, с одной стороны, по валовой энергии, содержащейся в сырой клетчатке и безазотистых экстрактивных веществах, с другой стороны – в сыром жире.

Второй опыт проводили с момента отсадки молодняка, полученного от крольчих в первом опыте, (середина сентября) до реализации в трехмесячном возрасте. В таблице 2 представлена схема второго опыта.

Таблица 2 – Схема второго опыта

Группа	Количество молодняка в опыте	Уровень кормления
I (контроль)	50	Основной рацион с содержанием 3,5 % сырого жира
II	50	О.Р. + 3 % стеариновой фракции рыбьего жира
III	50	О.Р. + 5 % стеариновой фракции рыбьего жира
IV	50	О.Р. + 7 % стеариновой фракции рыбьего жира

Следуя схеме, было сформировано 4 группы по 50 голов методом аналогов. Каждой из групп, помимо основного рациона, добавляли стеариновую фракцию рыбьего жира в разном процентном отношении.

В период исследований нами учитывались: поедаемость корма, сохранность поголовья, рост и

развитие крольчат, оплата корма, привесы, убойный выход мяса, качество шкурок, состояние внутренних органов забитых животных в момент реализации.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты первого опыта приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результат первого опыта

Показатели	Группа	
	первая	вторая
Количество самок в начале опыта, гол.	33	33
Случено самок, гол.	30 (90,9 %)	30 (90,9 %)
Окролилось самок, гол.	26 (78,8 %)	27 (81,8 %)
Вес самок, кг:		
в начале опыта	4,26	4,44
в конце опыта	4,76	4,96
Молочность, г	4155±190,0	4085±271,0
Выбраковано подопытных самок, гол.	7 (21,2 %)	8 (24,2 %)
Плодовитость, гол.	8,5	8,0
Отсажено крольчат, гол.	173	142
Получено крольчат:		
на штатную самку	5,24	4,30
на окролившуюся самку	6,65	5,26
Средний вес молодняка, г:		
при рождении	58,0±0,7	57,0±0,1*
в возрасте 20 дней	310±6,0	348±4,0
в возрасте 30 дней	660±10,0	680±10,0

Примечание: * – P<0,05



Поедаемость кормов была хорошей, добавка 2 % стеаринового жира не снизила вкусовых качеств рациона.

Крольчихи первой подопытной группы заметно превосходили самок второй группы по количеству полученных крольчат (на окролившуюся – 6,65 против – 5,26; на штатную – 5,24 против – 4,30). Пониженная сохранность молодняка во второй группе на 3 % объясняется отходом части самок с пометами в первую неделю после окрола вследствие легочных заболеваний и ринита.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что нормальную плодовитость самок, рост и сохранность молодняка обеспечивают рационы, содержащие 3,6 % сырого жира. Специальные добавки 2 % стеари-

новой фракции рыбьего жира в рационы кроликов основного стада в периоды подготовки к случке, беременности и лактации не дали положительного результата.

Введение в рационы кроликов основного стада 5 % животного технического жира не имело эффекта.

После отъема молодняка от матерей в полуторамесячном возрасте мы сформировали четыре подопытные группы из однопометников, аналогов по происхождению, полу, весу и упитанности. Всего под наблюдением находится 200 крольчат (в группе 25 самок и 25 самцов). Разместили животных по одному в клетках в закрытом крольчатнике.

В таблице 4 приведены результаты второго опыта.

Таблица 4 – Результат второго опыта

Показатели	Группа			
	первая	вторая	третья	четвертая
Вес крольчат, кг:				
в начале опыта (45 дней)	1,38±0,03	1,39±0,03	1,36±0,03	1,37±0,03
в возрасте 2 месяцев	1,90±0,03	1,87±0,03	2,03±0,03	1,99±0,04
в возрасте 3 месяцев	2,88±0,04	2,78±0,04**	2,95±0,04**	2,86±0,03
Оплата корма от 1,5 до 3-месячного возраста, кг корм. ед.	4,6	5,59	4,39	4,62
Сохранность поголовья, гол.:	50 (100 %)	50 (100 %)	50 (100 %)	49 (98 %)
в 2-мес. возрасте	49 (98 %)	50 (100 %)	50 (100 %)	49 (98 %)
в 3-мес. возрасте	55,05±0,5	55,01±0,1	53,95±0,7	55,03±0,1
Длина тела, см	28,55±0,2	28,53±0,1	28,15±0,3	28,53±0,1
Обхват груди за лопатками, см	62,12	62,11	62,55	62,11
тушки без головы	56,41	56,42	56,62	56,42
Количество жира:				
внутреннего, г	107,8±8,1	107,7±6,1	97,4±7,2	107,8±5,3
подкожного, г	19,5±3,2	19,6±1,2	20,2±2,2*	19,5±1,2

Примечание: * – P<0,05; ** – P<0,01

Таблица 4 показывает следующее: молодняк третьей группы в возрасте трех месяцев прибавляет в весе лучше, чем в других группах на 0,07 кг в первой, на 0,17 кг во второй, на 0,09 кг в четвертой группе соответственно. Меньше расходовалось корма на 1 кг привеса также в третьей группе и меньше на 15,4 % стоимости его рациона. Сохранность поголовья в двухмесячном возрасте у групп первой, второй и третьей составила 100 %, а в четвертой показатель сохранности молодняка на 2 % ниже. В трехмесячном возрасте показатель сохранности снизился на 2 % у первой группы и четвертой. Кролики третьей группы незначительно уступали кроликам первой группы по длине тела на 1,1 см, по обхвату груди за лопатками на

0,4 см, кроликам второй группы, соответственно, на 1,06 см и 0,38 см и кроликам четвертой группы, соответственно, на 1,08 см и 0,38 см. Качество опущения и убойный выход мяса во всех группах – нормальные. Низкий показатель количества внутреннего жира наблюдался в третьей группе – 97,4 г, что меньше на 10,3-10,4 г, чем в остальных подопытных группах. Наблюдается тенденция превосходства количества подкожного жира молодняка третьей группы 20,2 г (P<0,05) по сравнению с остальными группами в эксперименте.

Состояние внутренних органов подопытного молодняка в трехмесячном возрасте представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Состояние внутренних органов молодняка кроликов, n=10

Показатели	Группа			
	первая	вторая	третья	четвертая
Объем желудка, см ³	114,0±5,26	114,1±5,06	110,5±5,48	114,2±5,16



Длина кишечника, см	6,0±0,25	6,0±0,21	6,1±0,13	6,1±0,11
Вес печени, г	84,75±4,25	85,11±4,13	93,87±4,47	86,15±4,15
Вес сердца, г	7,79±0,12	7,80±0,11	7,89±0,29	7,79±0,16
Вес почек, г	17,9±0,71	18,0±0,21	20,25±0,59	18,0±0,11
Вес селезенки, г	1,55±0,12	1,65±0,18	2,00±0,10*	1,65±0,11
Вес легких, г	13,65±1,16	13,45±1,18	11,84±0,31	13,55±1,16

Примечание: * – P<0,05

Дегустация опытных образцов тушек не выявила значительного ухудшения вкусовых качеств вареного и жареного мяса. Однако при скармливания молодняку после отсадки стеариновой фракции рыбьего жира (5 %, 7 % от веса гранулированного комбикорма) его мясо имело привкус и запах рыбы.

Таким образом, в последующих экспериментах следует использовать жир, свободный от указанного недостатка.

Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод:

1) оптимальную плодовитость самок, рост и развитие, сохранность молодняка обеспечивают рационы, содержащие 3,6 % сырого жира;

2) специальные добавки 2 % стеариновой фракции рыбьего жира в рационы кроликов основного стада в периоды подготовки к случке, сукрольности и лактации дали положительный результат в поголовье окрылившихся самок (на 3 %), среднем весе молодняка в двухмесячном возрасте на 38 г, в трехмесячном возрасте на 20 г;

3) различный эффект при скармливании высокоэнергетических рационов молодняку кроликов и взрослому поголовью объясняется тем, что молодняк недостаточно приспособлен к синтезу жира из других органических веществ и, в частности, из углеводов;

4) молодняк третьей группы в возрасте трех месяцев прибавляет в весе лучше, чем ровесники в других группах на 0,07-017 кг, меньше расходовалось корма на 1 кг привеса также в третьей группе и меньше на 15,4 % стоимости его рациона;

5) мясо молодняка после скармливания 5 %, 7 % стеариновой фракции рыбьего имело привкус и запах рыбы.

Способность кроликов к быстрому росту и развитию позволили предположить эффективность применения специальных жировых добавок к их основному рациону, как источника не только энергии, но и незаменимых жирных кислот и витаминов А, Д, Е и К.

К тому же, добавки жира к гранулированным кормосмесям снижают их распыление, что важно в промышленном кролиководстве как одно из мероприятий, предупреждающих легочные заболевания животных.

Список источников

1. Смирнова, И.Р. К использованию комбикормов в рационах кроликов / И.Р. Смирнова, Р.А.

Чувакин // Развитие науки в современном мире : Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Душанбе, Таджикистан, 06 июня 2017 года / Под общей редакцией А.И. Вострецова. – Душанбе, Таджикистан: Научно-издательский центр «Мир науки» (ИП Вострецов Александр Ильич), 2017. – С. 31-34. – EDN YYXDRD.

2. Шмакова, В.В. Кормление кроликов / В.В. Шмакова, Г.А. Ярмоц // Успехи молодежной науки в агропромышленном комплексе : Сборник трудов XIX Студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 30 ноября 2022 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. – С. 265-271. – EDN MHXLXN.

3. Хохрин, С.Н. Кормление моногастричных животных : учебное пособие для вузов / С.Н. Хохрин, Ю.П. Савенко, В.Б. Галецкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 516 с. – ISBN 978-5-8114-5226-2.

4. Агейкин, А.Г. Технологии кролиководства : учебное пособие для вузов / А.Г. Агейкин. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 412 с. – ISBN 978-5-8114-7809-5.

5. Балакирев, Н.А. Кролиководство: учебник: учебник для студентов вузов, обуч. по специальности «Зоотехния» / Н.А. Балакирев, Е.А. Тинаева, Н.И. Тинаев. – М.: КолосС, 2022. – 258 с. – ISBN 978-5-0012-9102-2.

6. Квартников, М.П. Переваримость питательных веществ рациона крольчихами в крайние сроки гестации и при сухом типе кормления / М.П. Квартников, Е.Г. Квартникова // Кролиководство и звероводство. – 2022. – № 5. – С. 12-18. – DOI 10.52178/00234885_2022_5_12. – EDN MCQSCF.

7. Обухов, Г.В. Особенности кормления различных физиологических групп кроликов / Г.В. Обухов, Т.В. Сарапулова // Вестник биотехнологии. – 2016. – № 3(9). – С. 6. – EDN XWKVGR.

8. Шумилина, Н. Н. Практикум по кролиководству : учебное пособие / Н.Н. Шумилина, Ю.А. Калугин, Н.А. Балакирев. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 272 с. – ISBN 978-5-8114-2130-5.

9. Кахикало, В.Г. Практическое руководство по звероводству и кролиководству : учебник / В.Г. Кахикало, А.А. Баландин, О.В. Назарченко. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 328 с. – ISBN: 978-5-8114-2920-2.

10. Кахикало, В.Г. Звероводство и кролиководство. Практическое руководство : учебное по-



собию для спо / В.Г. Кахикало, О.В. Назарченко, А.А. Баландин. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 328 с. – ISBN 978-5-8114-7116-4.

11. Эффективность применения гранулированного корма, содержавшего *Streptomyces levoris* CNMN-As-01, при выращивании кроликов / М.А. Караман, Р.С. Москалик, Л.П. Кременяк [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – 2021. – Т. 56, № 1. – С. 194-202. – EDN MHGHR1.

12. Комлацкий, В.И. Эффективное кролиководство: учебник для студентов вузов, обуч. бакал. зоотехнологии и менеджмента / В.И. Комлацкий, Я.А. Игнатенко, Г.В. Комлацкий, С.В. Логинов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2014. – 238 с. – ISBN: 978-5-222-21841-9

13. Балакирев, Н.А. Корма и кормление кроликов / Н.А. Балакирев, Р.М. Нигматуллин, М.А. Сушенцова; ФГБОУ ВПО МГАВМиБ; Научный центр РАН; ФГБОУ ВПО КГАВМ. – Москва; Казань: Издательский дом «Научная библиотека», 2015. – 268 с. – ISBN 978-5-906660-59-6.

14. Балакирев, Н.А. Звероводство: учебник / Н.А. Балакирев. – стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 336 с. – ISBN 978-5-8114-9314-2.

15. Самарин, С.А. Особенности содержания сукрольных крольчих / С.А. Самарин, А.А. Щербанова // Молодежь и наука. – 2019. – № 3. – С. 36. – EDN ZWLKHZ.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

16. Микулец, Ю.И. Совместимость витаминов и биоэлементов в кормлении кроликов / Ю.И. Микулец, К.В. Харламов // Ветеринария и кормление. – 2019. – № 1. – С. 40-43. – DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-1-13.

17. Соколова, Е.Г. Современные технологии кролиководства в Смоленской области / Е.Г. Соколова, Н.С. Ульянова // Перспективные направления научно-технологического развития российского АПК: сборник материалов национальной научной конференции, посвященной Году науки и технологий в России, Смоленск, 15 декабря 2021 года. – Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2021. – С. 143-150. – EDN QHFDCC.

18. Биологические особенности и болезни кроликов / А.А. Шевченко, Л.В. Шевченко, Д.Ю. Зеркалев, О.Ю. Черных; Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – Краснодар: ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ - филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2018. – 200 с. – ISBN 978-5-91221-329-8.

19. Каширина, Л. Г. Влияние кобальта в наноразмерной форме на физиологические и биохимические процессы в организме кроликов / Л. Г. Каширина, С. А. Деникин // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 4(91). – С. 203-207. – EDN SFDSWX.

References

1. Smirnova, I.R. To the use of compound feeds in rabbit diets / I.R. Smirnova, R.A. Chuvakin // *Development of science in the modern world : Materials of the International (correspondence) scientific and practical conference, Dushanbe, Tajikistan, June 06, 2017 / Under the general editorship of A.I. Vostretsov. – Dushanbe, Tajikistan: Scientific Publishing Center «World of Science» (IP Vostretsov Alexander Ilyich), 2017. – pp. 31-34. – EDN YYXDRD.*

2. Shmakova, V.V. Feeding rabbits / V.V. Shmakova, G.A. Yarmots // *Successes of youth science in the agro-industrial complex : Proceedings of the LIX Student Scientific and Practical Conference, Tyumen, November 30, 2022. – Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2022. - pp. 265-271. – EDN MHXLXH.*

3. Khokhrin, S.N. Feeding of monogastric animals: a textbook for universities / S.N. Khokhrin, Yu. P. Savenko, V.B. Galetsky. – 2nd ed., reprint. and additional – St. Petersburg : Lan, 2020. – 516 p. – ISBN 978-5-8114-5226-2.

4. Ageikin, A.G. Rabbit breeding technologies : a textbook for universities / A.G. Ageikin. – Saint Petersburg : Lan, 2021. – 412 p. – ISBN 978-5-8114-7809-5.

5. Balakirev, N.A. Rabbit breeding: textbook for university students, training. specialty «Animal science» / N.A. Balakirev, E.A. Tinaeva, N.I. Tinaev. – M.: KolosS, 2022. – 258 p. – ISBN 978-5-0012-9102-2.

6. Kvartnikov, M.P. Digestibility of nutrients in the diet of rabbits at the deadline of gestation and with a dry type of feeding / M.P. Kvartnikov, E.G. Kvartnikova // *Rabbit breeding and animal husbandry. – 2022. – No. 5. – pp. 12-18. – DOI 10.52178/00234885_2022_5_12. – EDN MCQSCF.*

7. Obukhov, G.V. Feeding features of various physiological groups of rabbits / G.V. Obukhov, T.V. Sarapulova // *Bulletin of Biotechnology. – 2016. – № 3(9). – P. 6. – EDN XWKVGR.*

8. Shumilina, N.N. Practicum on rabbit breeding: textbook / N.N. Shumilina, Yu. A. Kalugin, N.A. Balakirev. – 2nd ed., reprint. – St. Petersburg : Lan, 2016. – 272 p. – ISBN 978-5-8114-2130-5.

9. Kahikalo, V.G. Practical guide to animal husbandry and rabbit breeding : textbook / V.G. Kahikalo, A.A. Balandin, O.V. Nazarchenko. – 2nd ed., erased. – Saint Petersburg: Lan, 2019. – 328 p. – ISBN: 978-5-8114-2920-2.

10. Kahikalo, V.G. Animal husbandry and rabbit breeding. Practical guide : a textbook for spo / V.G. Kahikalo, O.V. Nazarchenko, A.A. Balandin. – 2nd ed., ster. – Saint Petersburg : Lan, 2021. – 328 p. – ISBN 978-5-8114-7116-4.



11. The effectiveness of the use of granulated feed containing *Streptomyces levoris* CNMN-Ac-01 in the cultivation of rabbits / M.A. Karaman, R.S. Moskalik, L.P. Kremenyak [et al.] // Zootechnical science of Belarus. – 2021. – Vol. 56, No. 1. – PP. 194-202. – EDN MHGHRI.
12. Komlatsky, V.I. Effective rabbit breeding: textbook for university students, training. bakal. zootechnologies and management / V.I. Komlatsky, Ya. A. Ignatenko, G.V. Komlatsky, S.V. Loginov. – Rostov-on-Don.: Phoenix, 2014. – 238 p. – ISBN: 978-5-222-21841-9.
13. Balakirev, N.A. Feed and feeding of rabbits / N.A. Balakirev, R.M. Nigmatullin, M.A. Sushentsova; FGBOU VPO MGAVMiB; Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; FGBOU VPO KGAVM. – Moscow; Kazan: Publishing House «Scientific Library», 2015. – 268 p. – ISBN 978-5-906660-59-6.
14. Balakirev, N.A. Fur farming: textbook / N.A. Balakirev. – erased. – Saint Petersburg: Lan, 2022. – 336 p. – ISBN 978-5-8114-9314-2.
15. Samarin, S.A. Features of the content of sucrol rabbits / S.A. Samarin, A.A. Shcherbakova // Youth and science. – 2019. – No. 3. – p. 36. – EDN ZWLKHZ.
16. Mikulets, Yu. I. Compatibility of vitamins and bioelements in rabbit feeding / Yu. I. Mikulets, K.V. Kharlamov // Veterinary medicine and feeding. – 2019. – No. 1. – PP. 40-43. – DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-1-13.
17. Sokolova, E.G. Modern technologies of rabbit breeding in the Smolensk region / E.G. Sokolova, N.S. Ulyanova // Promising directions of scientific and technological development of the Russian agro-industrial complex: collection of materials of the national scientific conference dedicated to the Year of Science and Technology in Russia, Smolensk, December 15, 2021. – Smolensk: Smolensk State Agricultural Academy, 2021. – pp. 143-150. – EDN QHFDC.
18. Biological features and diseases of rabbits / A.A. Shevchenko, L.V. Shevchenko, D.Y. Zerkalev, O.Y. Chernykh; Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. – Krasnodar: Federal State Budgetary Institution "Russian Energy Agency" of the Ministry of Energy of Russia Krasnodar Central Research Institute - branch of the Federal State Budgetary Institution «REA» of the Ministry of Energy of Russia, 2018. – 200 p. – ISBN 978-5-91221-329-8.
19. Kashirina, L.G. The effect of cobalt in nanoscale form on physiological and biochemical processes in the body of rabbits / L.G. Kashirina, S.A. Denikin // Bulletin of KrasGAU. – 2014. – № 4(91). – Pp. 203-207. – EDN SFDSWX.

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

Позолотина Валентина Анатольевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, pozolotina@mail.ru

Глотова Галина Николаевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, galka270280@yandex.ru

Author information

Pozolotina Valentina A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, pozolotina@mail.ru

Glotova Galina N., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, galka270280@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 23.03.2023; одобрена после рецензирования 26.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 23.03.2023; approved after reviewing 26.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.087.2
DOI:10.36508/RSATU.2023.62.44.009

**ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ОТХОДОВ ГРИБОВОДСТВА
НА ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ОТКОРМОЧНЫЕ КАЧЕСТВА МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ**

Елена Николаевна Правдина¹✉, Жанна Сотьева Майорова², Ирина Владимировна Капитошина³, Елена Александровна Кувшинова⁴

^{1,2,3}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,
г. Рязань, Россия

⁴ООО «Агрофид Рус», Тульская область, Россия

¹epravdina@mail.ru

²jeannemay@ya.ru

³kapitoshina.iv@gmail.com

⁴lena2976@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью наших исследований было изучение влияния скармливания экструдированных отходов грибоводства на общее состояние и откормочные качества молодняка свиней в условиях расширения кормовой базы животноводства за счет более широкого применения отходов производства.

Методология. Научно-хозяйственный опыт выполнен на базе свинофермы одного из хозяйств Рязанской области на откормочном молодняке крупной белой породы. Опыту предшествовали предварительные исследования по оценке поедаемости экструдата с разным соотношением компонентов – ячмень:ножки шампиньонов. Экструдированный корм готовили в трех вариантах по соотношению компонентов ячмень:грибные ножки – 75:25, 50:50 и 20:80. В качестве сырья для производства экструдированного корма использовали кормовую ячмень и грибные ножки, измельченные и высушенные при помощи ИК-излучения. В ходе проведения опыта по поедаемости сформировали 4 группы животных: контрольная и три опытных. Контрольная группа получала в составе рациона 0,3 кг экструдированного ячменя, опытным группам ячмень заменяли экструдатом с разным соотношением ячменя и грибной муки. Все группы формировали методом пар-аналогов. На эксперимент поставили животных в возрасте 98 дней (продолжительность эксперимента 82 дня). При проведении научных исследований использовали общепринятые и специальные зоотехнические, биохимические и биометрические методы с применением современного оборудования. Исследования состава кормовой добавки проводили на базе Федерального государственного бюджетного учреждения – станции агрохимической службы «Подвязьевская». Изучение и оценку биохимических показателей крови проводили на базе ГБУ РО «Рязанская облветлаборатория».

Результаты. В результате исследования был выбран оптимальный вариант – ячмень:грибная мука в соотношении 1:1 (50:50). Введение экструдированной кормовой добавки в количестве 300 граммов на голову в сутки, как показали исследования, не оказывало негативного воздействия на обмен веществ свиней и их пищеварительную систему и способствовало увеличению интенсивности роста молодняка на 10,2 % по сравнению с контрольной группой. Затраты корма на 1 кг прироста при этом снизились на 9,3 %.

Заключение. Результаты исследования показали, что экструдированный корм из ячменя и грибных ножек не оказывает отрицательного влияния на обмен веществ и пищеварение откормочного молодняка свиней, способствует росту их продуктивности и снижению конверсии корма.

Ключевые слова: кормовая добавка, ножки грибов, шампиньоны, продуктивность, прирост, свиньи, откорм

Для цитирования: Правдина Е.Н., Майорова Ж.С., Капитошина И.В., Кувшинова Е.А. Влияние скармливания экструдированных отходов грибоводства на общее состояние и откормочные качества молодняка свиней // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №2. С 60-65 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.62.44.009>



Original article

THE INFLUENCE OF EXTRUDED MUSHROOM WASTE FEEDING ON THE GENERAL CONDITION AND FATTING QUALITY OF YOUNG PIGS**Elena N. Pravdina¹✉, Zhanna S. Mayorova², Irina V. Kapitoshina³, Elena A. Kuvshinova⁴**^{1,2,3} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia⁴ Agrofid Rus LLC, Tula region, Russia¹ epravdina@mail.ru² jeannemay@ya.ru³ kapitoshina.iv@gmail.com⁴ lena2976@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The purpose of the research was to study the influence of extruded mushroom waste on the general condition and fattening qualities of young pigs in the context of expanding the livestock forage base, due to the wider use of production waste.

Methodology. The scientific and economic experiment was carried out on the basis of a pig farm of one of the farms in the Ryazan region on fattening young animals of a large white breed. The experience was preceded by preliminary studies to assess the palatability of the extrudate with different ratios of components - barley : champignon legs. Extruded feed was prepared in three versions according to the ratio of components barley: mushroom legs: 75:25, 50:50 and 20:80. As raw materials for the production of extruded feed, fodder barley and mushroom stalks, crushed and dried using infrared radiation, were used. During the experiment on palatability, 4 groups of animals were formed: control and three experimental ones. The control group received 0.3 kg of extruded barley as part of the diet, the experimental groups were replaced with extrudate with a different ratio of barley and mushroom flour. All groups were formed by the method of pair-analogues. Animals were placed on the experiment at the age of 98 days (the duration of the experiment was 82 days). When conducting scientific research, conventional and special zootechnical, biochemical and biometric methods were used with the use of modern equipment. Studies of the composition of the feed additive were carried out on the basis of the Federal State Budgetary Institution, the station of the agrochemical service "Podvyazyevskaya". The study and assessment of biochemical parameters of blood was carried out on the basis of the Ryazan Regional Veterinary Laboratory.

Results. As a result of the study, the optimal option was chosen barley: mushroom flour in a ratio of 1:1 (50:50). The introduction of an extruded feed additive in the amount of 300 grams per head per day, as studies have shown, does not adversely affect the metabolism of pigs and their digestive system and contributed to an increase in the growth rate of young animals by 10.2% compared to the control group. At the same time, feed costs per 1 kg of growth decreased by 9.3%.

Conclusion. The results of the study showed that extruded feed from barley and mushroom legs does not have a negative effect on the metabolism and digestion of fattening young pigs, contributes to the growth of their productivity and a decrease in feed conversion.

Key words: feed additive, mushroom stalks, champignons, productivity, gain, pigs, fattening.

For citation: Pravdina E.N., Mayorova Zh.S., Kapitoshina I.V., Kuvshinova E.A. Influence of feeding extruded mushroom waste on the general condition and fattening qualities of young pigs // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol.15, №2.P. 60-65 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.62.44.009>

Введение

Свиноводство на сегодняшний день является интенсивной и эффективной отраслью животноводства, что придает ей особое значение в обеспечении продовольственной безопасности страны. Внедрение современных технологий, обеспечивающих постоянный рост продуктивности свиней и снижение себестоимости, является одним из основных направлений повышения эффективности производства свинины [1]. Как известно, в структуре затрат на производство продукции затраты на кормление свиней составляют 65-70 %, поэтому изменением системы кормления молодняка свиней можно реально улучшить показатели

продуктивности и рентабельность производства свинины. Установлено, что эффективность отрасли во многом зависит от показателей продуктивности свиней на откорме.

Известно, что одним из факторов, обеспечивающих повышение продуктивности животных, является полноценное кормление. В кормлении молодняка свиней на сегодняшний день используются кормовые средства как собственного производства, так и промышленного изготовления [2-4].

Важный фактор активного воздействия на рост животных – изыскание и применение в рационах животных местных нетрадиционных кормов и кормовых добавок, которые повышают качество продукции и снижают ее себестоимость. Установлено,

что к таким источникам относятся отходы грибного производства [5-6].

Одной из перспективных отраслей сельскохозяйственного производства является грибоводство. В отрасли есть ряд нерешенных проблем, связанных с утилизацией отходов, образующихся на грибоводческих предприятиях в значительных объемах. Так, при производстве шампиньонов остается большое количество ножек, которые могут быть использованы в кормлении сельскохозяйственных животных. Они богаты белками и незаменимыми аминокислотами, имеют разнообразный минеральный состав, содержат витамины РР (никотиновая кислота), Е, С, D, группы В, антиоксиданты [5].

Свиньи обычно очень хорошо едят грибы. Им можно скармливать как остатки пищевых грибов, так и переросшие грибы. Свиньям на откорме в рацион их вводят в вареном или высушенном виде в смеси с основными кормами. Рядом исследований установлено, что грибы хорошо перевариваются свиньями, содержат около 10 % переваримого протеина и благотворно влияют на пищеварительную систему [5-6]. В отечественных и зарубежных исследованиях в основном показана перспектива использования в качестве дополнительного корма для животных отработанного соломенного субстрата после выращивания вешенки [7-8]. Но на настоящий момент нет данных по применению в кормлении свиней экструдированных отходов шампиньонов. Следовательно, изучение применения экструдированных отходов грибного производства в рационах кормления молодняка свиней актуально и перспективно.

В связи с вышеизложенным, цель наших исследований – изучить влияние экструдированного корма из зерна ячменя и ножек шампиньонов на общее состояние и откормочные качества молодняка свиней. При проведении опытов ставились следующие задачи:

- 1) изучить влияние экструдированного корма на основные биохимические показатели крови свиней;
- 2) изучить влияние экструдированного корма на откормочные качества свиней.

Материалы и методы исследования



Рис. 1 – Экструдированный корм из ячменя и грибной муки (соотношение 75:25, 50:50, 20:80)

Fig. 1 - Extruded feed made from barley and mushroom flour (ratio 75:25, 50:50, 20:80)

Научно-хозяйственный опыт был выполнен на базе свинофермы одного из хозяйств Рязанской области на откормочном молодняке крупной белой породы. Опыту предшествовали предварительные исследования по оценке поедаемости экструдата с разным соотношением компонентов – ячмень: ножки шампиньонов. Экструдированный корм готовили в трех вариантах по соотношению компонентов ячмень:грибные ножки – 75:25, 50:50 и 20:80.

В ходе проведения опыта по поедаемости кормовой добавки сформировали 4 группы животных: контрольную и три опытных. Контрольная группа получала в составе рациона 0,3 кг экструдированного ячменя, в опытных группах ячмень заменяли экструдатом с разным соотношением ячменя и грибной муки. Группы формировали методом пар-аналогов в возрасте 98 дней. Продолжительность эксперимента составила 82 дня.

В качестве сырья для производства экструдированного корма использовали кормовой ячмень и грибные ножки, измельченные и высушенные при помощи ИК-излучения (производитель ножек шампиньонов – ООО «РМ Групп» (Рязанская область, Рязанский район, д. Рожок).

Для изучения биохимических показателей у свиней брали кровь из краниальной полой вены. Кровь отбирали в утренние часы, до кормления.

В ходе исследований проводили оценку роста молодняка, изучали откормочные качества свиней. Нами учитывались такие показатели как живая масса, абсолютный и среднесуточный приросты, конверсия корма. За животными велось регулярное наблюдение с периодическим осмотром, каждые 15 дней проводились контрольные взвешивания.

Все полученные данные были обработаны с использованием современных информационных технологий.

Расчёт экономической эффективности проводили на основании общепринятых методик.

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе проведенного научно-хозяйственного опыта было установлено, что самый качественный по структуре и текстуре экструдат получался при соотношении компонентов 75:25 и 50:50 (рис. 1).



Продукт, полученный в результате экструдирования, имел коричневый цвет и обладал приятным вкусом и хлебно-грибным запахом.

По данным лабораторного анализа наибольшее количество сырого протеина содержалось в экструдате с соотношением ячменя и грибной муки 20:80 – на 3,4-6,6 % больше по сравнению с другими вариантами. Но данный продукт был беднее легкоферментируемыми углеводами и содержал больше труднопереваримой клетчатки. Его энергетическая ценность составляла всего лишь 7,63 МДж ОЭ/кг, что ниже двух других вариантов соответственно на 25,3 и 10,6 %.

Самой высокой энергетической ценностью обладал экструдат с соотношением ячменя и грибной муки 75:25, но он был беднее по протеину. Поэтому оптимальным по составу можно считать вариант с соотношением компонентов 50:50. В ходе опыта было выявлено, что введение в рацион свиней более 150 г грибной муки вызывает диарею у 32 % животных. На основании этих данных для

дальнейших исследований был выбран вариант – ячмень: грибная мука в соотношении 1:1 (50:50) в количестве 300 граммов на голову в сутки.

В ходе проведенного эксперимента на молодняке свиней в период откорма было подтверждено, что кормовая добавка в указанной дозировке не оказывает на состояние здоровья животных негативного влияния.

Весь период проведения опыта за животными велось регулярное наблюдение, в ход которого периодически проводили осмотр и определяли некоторые клинические показатели. Свиньи опытной группы в период проведения опыта были подвижны, активны; слизистые оболочки, состояние кожи – в норме.

Существенных изменений в биохимических показателях крови экструдированная кормовая добавка не вызвала, достоверной разницы между опытной и контрольной группами не установлено (рис. 2).

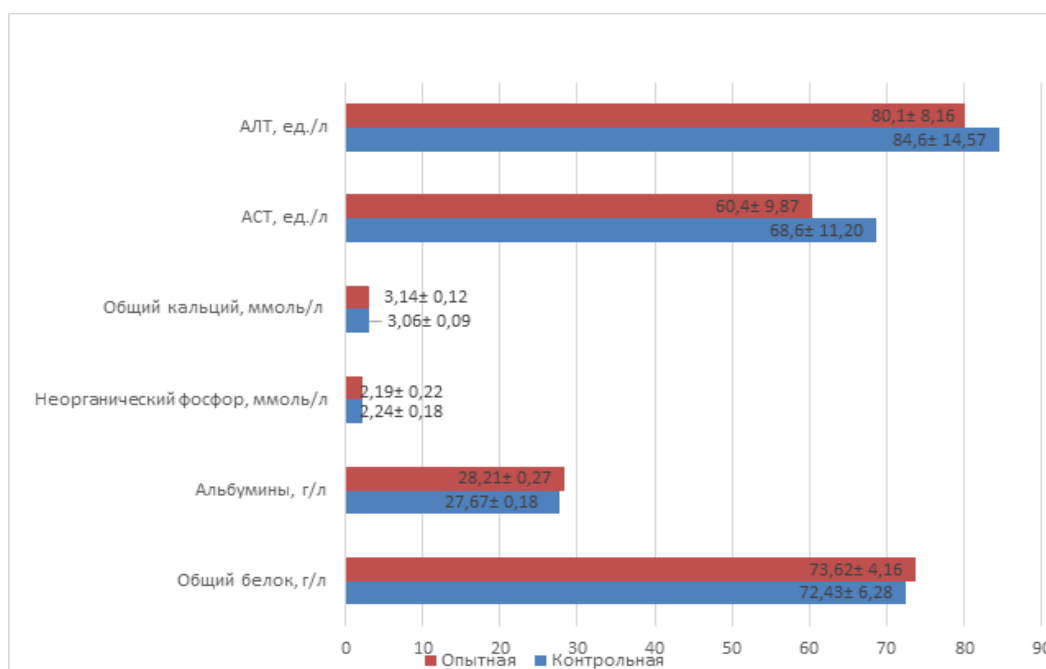


Рис.2 – Биохимический статус молодняка свиней
Fig. 2 - Biochemical status of young pigs

В ходе исследований была выявлена тенденция к повышению до 1,6-2,6 % общего белка, альбуминов и общего кальция, что может являться признаком активизации белкового обмена и процессов ассимиляции в организме животных.

Показатели активности ферментов аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы у свиней были в норме, однако в опытной группе молодняка эти показатели были на 5 и 12 % соответственно ниже. Среднее значение коэффициента де Ритиса было занижено, но одинаковое в обеих группах. Следовательно, причина снижения значения данного показателя не в применении исследуемой кормовой добавки.

Результаты откорма молодняка свиней представлены на рисунке 3. Введение экструдированной кормовой добавки способствовало повышению интенсивности роста молодняка на 10,2 % по сравнению с контрольной группой. Затраты корма на 1 кг прироста снизились на 9,3 %.

Установлено, что экструдированный корм из ячменя и грибных ножек шампиньонов в соотношении 1:1 в количестве 300 граммов на голову в день не оказывает отрицательного влияния на показатели обмена веществ и пищеварение молодняка свиней на откорме, а также способствует росту их продуктивности и снижению конверсии корма.

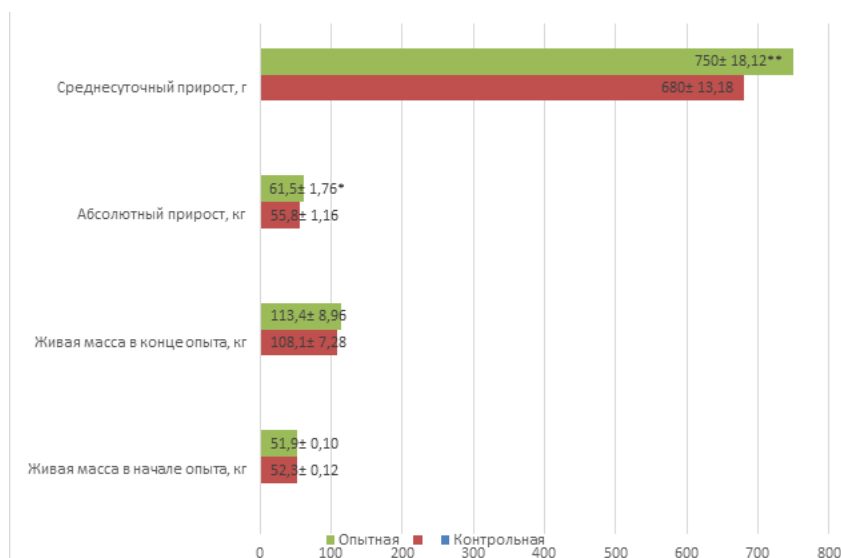


Рис.3 – Живая масса и откормочные качества молодняка свиней, * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$
Fig. 3 - Live weight and fattening qualities of young pigs, * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что экструдированный корм из зерна ячменя и сухих ножек шампиньонов в соотношении 1:1 является высококачественным продуктом, который обладает хорошими вкусовыми качествами, пригоден для откорма молодняка свиней и рекомендуется для включения в рационы кормления из расчета 300 г на голову в сутки.

Скармливание молодняка свиней в период откорма экструдированных отходов грибоводства не оказывает негативного воздействия на пищеварительную систему и обмен веществ у животных, повышает на 10,2 % интенсивность их роста при снижении конверсии корма на 9,3 %.

Список источников

1. Горбатовский, А. Сбалансированное развитие отраслей животноводства и кормопроизводства: принципы, индикаторы, комплекс мер и направлений / А. Горбатовский, О. Горбатовская // *Аграрная экономика*. – 2019. – № 5(288). – С. 36-47. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38230758>

2. Анализ годовой динамики полноценности минерального состава рационов дойных коров на крупном животноводческом комплексе / О. А. Карелина, Г. В. Уливанова, О. А. Федосова, В. В. Кулаков // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. – 2022. – № 3(70). – С. 104-108. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49473796>

3. Analysis of the influence of feeding on the change in the mineral composition of blood of the cattle of different physiological groups when intensifying production / G. Ulianova, O. Fedosova, O. Karelina [et al.] // *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. 012088. – DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012088. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44146625>

Вклад авторов:

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

www.elibrary.ru/item.asp?id=48413919.

4. Influence of the size of nanostructured metals on changes in the functional state of the cell and biological activity / D. Churilov, G. Churilov, S. Polischuk [et al.] // *E3S Web of Conferences, Yekaterinburg, 15–16 октября 2020 года*. – Yekaterinburg, 2020. – P. 2044. – DOI 10.1051/e3sconf/202022202044. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45028423>

5. Нормы обменной энергии и незаменимых аминокислот в комбикормах для свиней с высокой мясной продуктивностью / И. В. Брыло, Н. А. Попков, В. М. Голушко [и др.] // *Зоотехническая наука Беларуси*. – 2021. – Т. 56, № 1. – С. 146-157. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47278494>

6. Оценка состояния грибоводства в России, риски при производстве продукции культивируемых грибов / А. Ф. Разин, Р. А. Мещерякова, Н. Л. Девочкина, О. А. Разин // *Экономика сельского хозяйства России*. – 2020. – № 9. – С. 43-50. – DOI 10.32651/209-43. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43977568>

7. Оптимизация соотношения обменной энергии и доступных незаменимых аминокислот в комбикормах для молодняка свиней мясных пород / В. М. Голушко, В. А. Рощин, С. А. Линкевич, А. В. Голушко // *Зоотехническая наука Беларуси*. – 2019. – Т. 54, № 1. – С. 215-225. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41860061>

8. Studying physical and mechanical characteristics of corn feed / V. Ulyanov, V. Utolin, N. Luzgin [et al.] // *International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019): International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года*. Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00209. – DOI 10.1051/bioconf/20201700209. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44146625>



References

1. Gorbatovskiy, A. Sbalansirovannoye razvitiye otrasley zhivotnovodstva i kormoproizvodstva: printsipy, indikatory, kompleks mer i napravleniy / A. Gorbatovskiy, O. Gorbatovskaya // Agrarnaya ekonomika. – 2019. – № 5(288). – S. 36-47. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38230758>
2. Analiz godovoy dinamiki polnotsennosti mineral'nogo sostava ratsionov doynnykh korov na krupnom zhivotnovodcheskom komplekse / O. A. Karelina, G. V. Ulivanova, O. A. Fedosova, V. V. Kulakov // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 3(70). – S. 104-108. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49473796>
3. Analysis of the influence of feeding on the change in the mineral composition of blood of the cattle of different physiological groups when intensifying production / G. Ulivanova, O. Fedosova, O. Karelina [et al.] // Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture: International Scientific and Practical Conference, Saratov, 20–24 oktyabrya 2021 goda. – London: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 012088. – DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012088. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48413919>
4. Influence of the size of nanostructured metals on changes in the functional state of the cell and biological activity / D. Churilov, G. Churilov, S. Polischuk [et al.] // E3S Web of Conferences, Yekaterinburg, 15–16 oktyabrya 2020 goda. – Yekaterinburg, 2020. – P. 2044. – DOI 10.1051/e3sconf/202022202044. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45028423>
5. Normy obmennoy energii i nezamenimykh aminokislot v kombikormakh dlya sviney s vysokoy myasnoy produktivnost'yu / I. V. Brylo, N. A. Popkov, V. M. Golushko [i dr.] // Zootekhnicheskaya nauka Belarusi. – 2021. – T. 56, № 1. – S. 146-157. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47278494>
6. Otsenka sostoyaniya gribovodstva v Rossii, riski pri proizvodstve produktsii kul'tiviruyemykh gribov / A. F. Razin, R. A. Meshcheryakova, N. L. Devochkina, O. A. Razin // Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. – 2020. – № 9. – S. 43-50. – DOI 10.32651/209-43. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43977568>
7. Optimizatsiya sootnosheniya obmennoy energii i dostupnykh nezamenimykh aminokislot v kombikormakh dlya molodnyaka sviney myasnykh porod / V. M. Golushko, V. A. Roshchin, S. A. Linkevich, A. V. Golushko // Zootekhnicheskaya nauka Belarusi. – 2019. – T. 54, № 1. – S. 215-225. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41860061>
8. Studying physical and mechanical characteristics of corn feed / V. Ulyanov, V. Utohin, N. Luzgin [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019): International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13–14 noyabrya 2019 goda. Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00209. – DOI 10.1051/bioconf/20201700209. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44146625>

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

Правдина Елена Николаевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, pravdina@mail.ru

Майорова Жанна Сотьевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, jeannemay@ya.ru

Капитошина Ирина Владимировна, аспирант кафедры зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kapitoshina.iv@gmail.com

Кувшинова Елена Александровна, руководитель направления по свиноводству ООО «Агрофид Рус», lena2976@mail.ru

Author information

Pravdina Elena N., Ph.D. s.-x. Sci., Associate Professor, Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, pravdina@mail.ru

Mayorova Zhanna S. Ph.D. s.-x. Sci., Associate Professor, Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, jeannemay@ya.ru

Kapitoshina Irina V., postgraduate student of the Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, kapitoshina.iv@gmail.com

Kuvshinova Elena A., head of the pig breeding department of Agrofild Rus LLC, lena2976@mail.ru

Статья поступила в редакцию 13.05.2023; одобрена после рецензирования 26.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 13.05.2023; approved after reviewing 26.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.4

DOI:10.36508/RSATU.2023.76.15.010

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРИЕМ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
В ЗВЕНЬЯХ СЕВОБОРОТОВИрина Игоревна Садовая¹, Ольга Алексеевна Захарова²✉^{1,2}ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г.Рязань, Россия¹sadovayai@mail.ru²ol-zahar.ru@yandex.ru**Аннотация.**

Проблема и цель. В Российской Федерации остро стоит проблема сохранения и воспроизводства плодородия почв. Одним из решения проблемы является внесение органических удобрений, в частности конского навоза. Учитывая, что в последние годы конский навоз практически не используется в сельском хозяйстве в качестве удобрения, было предложено органическое удобрение на основе отходов животноводства, включающее 60 % конского навоза и другие компоненты. Целью настоящего исследования являлось изучение урожайности овса сорта Буланы и озимой ржи сорта Веснянка в звеньях севооборотов при внесении органического удобрения на основе отходов животноводства (основа – перепревший конский навоз).

Методология. Для достижения цели исследования и ответа на поставленные исследовательские вопросы были проведены экспериментальные исследования в полевых условиях для изучения влияния органического удобрения на основе животноводства, установления оптимальных доз под овес и озимую рожь в двух звеньях севооборотов. Почва – чернозем, выщелоченный слабогумусный мощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках. Методы исследований общепринятые: определение урожайности – по пробному снопу, лабораторная всхожесть и энергия прорастания – по ГОСТу 12038-84, структура урожая – расчетным методом. Результаты экспериментов обрабатывались на компьютерной программе Statistika 10.

Результаты. Установлено, что внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 10 т/га на фоне $N_{35}P_{45}K_{24}$ под овес в зерновом звене севооборота позволило повысить урожайность по сравнению с контролем на 43,5 %, масса 1000 зерен увеличилась на 14 %, количество продуктивных стеблей – на 48 %, длина главного соцветия – на 14 %, масса зерна соцветия – на 26 %, количество зерен в соцветии – на 14 %. Внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 15 т/га на фоне $N_{120}P_{100}K_{50}$ под озимую рожь в пропашном звене севооборота позволило повысить урожайность по сравнению с контролем на 69 %, что объясняется лучшими условиями перезимовки растений. Масса 1000 зерен увеличилась на 41 %, количество продуктивных стеблей – на 20 %, длина главного соцветия – на 55 %, масса зерна соцветия – на 14 %, количество зерен в соцветии – на 17 %.

Заключение. Учитывая физическое состояние и химическое содержание перепревшего конского навоза, входящего в состав органического удобрения на основе отходов животноводства, плодородие почвы изменилось, о чем свидетельствует рост урожайности на вариантах опыта в звеньях севооборотов – овса на 43,5 %, озимой ржи на 69 %, что явилось следствием лучших условий ее перезимовки. Структура урожайности при определении массы 1000 зерен, количества продуктивности стеблей, длины главного соцветия, массы зерна соцветия, количества зерен в соцветии увеличилась на вариантах 5 (овес) и 7 (озимая рожь). Таким образом, внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 10 т/га на фоне $N_{35}P_{45}K_{24}$ под овес в зерновом звене севооборота и дозой 15 т/га на фоне $N_{120}P_{100}K_{50}$ под озимую рожь в пропашном звене севооборота – оптимально на черноземе выщелоченном с учетом климатических особенностей региона.

Ключевые слова: конский навоз, органическое удобрение, зерновые культуры, севооборот, чернозем выщелоченный

Для цитирования: Садовая И.И., Захарова О.А. Инновационный прием в технологии возделывания зерновых культур в звеньях севооборотов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т. 15, №2, С 66-73 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.76.15.010>



Original article

**INNOVATIVE PROCEDURE IN GRAIN CULTIVATION TECHNOLOGY
IN CROP ROTATION LINKS**Irina I. Sadovaya¹, Olga A. Zakharova² ✉^{1,2}Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia¹sadovayai@mail.ru²ol-zahar.ru@yandex.ru**Abstract**

Problem and purpose. The problem of conservation and reproduction of soil fertility is acute in the Russian Federation. One of the solutions to the problem is the introduction of organic fertilizers, in particular horse manure. Considering that in recent years horse manure has practically not been used in agriculture as a fertilizer, an organic fertilizer based on animal waste was proposed, including 60% horse manure and other components. The purpose of this study was to study the yield of Bulany oats and Vesnyanka winter rye in crop rotations when applying organic fertilizer based on animal waste (based on rotted horse manure).

Methodology. To achieve the purpose of the study and answer the research questions posed, experimental field studies were conducted to study the effect of organic fertilizer based on animal husbandry, to establish optimal doses for oats and winter rye in two crop rotation links. The soil was leached low-humus powerful light loamy chernozem on forest-like heavy loams. Research methods were generally accepted: determination of yield was according to a test sheaf, laboratory germination and germination energy were according to GOST 12038-84, crop structure was determined by calculation method. The results of the experiments were processed using computer program Statistika 10.

Results. It was found that when applying organic fertilizer based on livestock waste at a dose of 10 t/ha against the background of $N_{35}P_{45}K_{24}$ under oats in the grain link of the crop rotation, it increased the yield compared to the control by 43.5%, the weight of 1 000 grains increased by 14%, the number of productive stems by 48%, the length of the main inflorescence by 14%, the weight of the inflorescence grain by 26% and the number of the inflorescence grain by 14%. When applying organic fertilizer based on animal waste at a dose of 15 t/ha against the background of $N_{120}P_{100}K_{50}$ under winter rye in the tilled link of the crop rotation, it increased the yield by 69% compared to the control, which is explained by better conditions for overwintering plants. The mass of 1 000 grains increased by 41%, the number of productive stems by 20%, the length of the main inflorescence by 55%, the weight of the inflorescence grain by 14% and the number of the inflorescence grain by 17%.

Conclusion. Taking into account the physical condition and chemical content of rotted horse manure, which was a part of the organic fertilizer based on animal waste, soil fertility has changed, as evidenced by the increase in yield in the experimental options in crop rotation links: for oats by 43.5% and for winter rye by 69%, which was a consequence of the best conditions for its overwintering. The yield structure when determining the weight of 1 000 grains, the number of stem productivity, the length of the main inflorescence, the weight of the inflorescence grain, the number of the inflorescence grain increased in options 5 (oats) and 7 (winter rye). Thus, the application of organic fertilizer based on animal waste at a dose of 10 t/ha against the background of $N_{35}P_{45}K_{24}$ for oats in the grain link of the crop rotation and a dose of 15 t/ha against the background of $N_{120}P_{100}K_{50}$ for winter rye in the tilled link of the crop rotation was optimal on chernozem leached taking into account climatic features of the region.

Key words: horse manure, organic fertilizer, grain crops, crop rotation, leached chernozem

For citation: Sadovaya I.I. Zakharova O.A. Innovative procedure in grain cultivation technology in crop rotation links // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2, P 66-73 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.76.15.010>

Введение

«Не бывает плохой земли! Бывают плохие хозяева!», – писал первый агроном России Андрей Тимофеевич Болотов [1]. К сожалению, в настоящее время, по сведениям статистических справочников, валовой сбор зерновых составляет в среднем до 2,2 млн т при средней урожайности 35,1 ц/га. Конечно, уровень развития зернового хозяйства в регионе не отвечает современным требованиям и имеющимся возможностям, поэтому особую актуальность приобретает решение вопросов, связанных с обеспечением устойчивого и ускоренного наращивания производства высококачественного

зерна [2]. На долю овса и озимой ржи, к примеру, приходится лишь 2,3 и 1,0 % от общей посевной площади. Однако и овес, и озимая рож являются ценными фуражными культурами. Помимо этого, большую роль играют все культуры в севооборотах, повышая урожайность и улучшая баланс питательных веществ в почве. Использование новых сортов в хозяйствах также имеет большое значение вследствие их адаптации к вносимым удобрениям, погодным условиям, а также болезням, вредителям и пр. [3]. Таким образом, воздействуя на зерновые культуры новыми приемами в технологии, можно повысить их продукционный потен-



циал. Одним из направлений совершенствования технологий возделывания зерновых в регионе является внесение органического удобрения на основе отходов животноводства (основа – перепревший конский навоз), которое является исключительным средством повышения продуктивности черноземов выщелоченных.

Цель исследований – изучение урожайности овса сорта Буланный и озимой ржи сорта Веснянка в звеньях севооборотов при внесении органического удобрения на основе отходов животноводства (основа – перепревший конский навоз).

Объекты и методы исследований

Для достижения цели исследования были проведены мелкоделяночные полевые опыты в ООО «ЛАГ Сервис-Агро» Захаровского района Рязанской области для изучения урожайности при внесении органического удобрения на основе отходов животноводства, установления оптимальных доз под овес и озимую рожь в двух звеньях севооборотов с предшественниками кукуруза и вико-овсяная смесь соответственно. Составляющими органического удобрения явились перепревший конский навоз 60 %, микробиологический препарат 10 %, торф 27 %, известь 3 %. Схема опыта представлена в таблице 1 [4].

Двухфакторный мелкоделяночный опыт в зерновом и пропашном звеньях полевого универсального зернопропашного 6-польного севооборота:

Схеме опыта:

Фактор А:

- 1 – зерновое звено (овес – яровая пшеница – однолетние травы);
- 2 – пропашное звено (озимая рожь – картофель – горох)

Овес

Фактор В:

- 1 – контроль (без удобрений)
- 2 – фон $N_{35}P_{45}K_{24}$
- 3 – конский навоз, 15 т/га
- 4 – фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + конский навоз, 15 т/га
- 5 – органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га
- 6 – фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га
- 7 – органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га
- 8 – фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га

Озимая рожь

Фактор В:

- 1 – контроль (без удобрений)
- 2 – фон $N_{120}P_{100}K_{50}$
- 3 – конский навоз, 15 т/га
- 4 – фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + конский навоз, 15 т/га
- 5 – органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га
- 6 – фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га
- 7 – органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га
- 8 – фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га

Таблица 1 – Схема мелкоделяночного полевого опыта.

Фактор А (звено севооборота)		Фактор В (удобрение)	
1	зерновое звено (овес – яровая пшеница – однолетние травы)	1	контроль (без удобрений)
		2	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$
		3	конский навоз, 15 т/га
		4	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + конский навоз, 15 т/га
		5	органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га
		6	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га
		7	органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га
		8	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га
2	пропашное звено (озимая рожь – картофель – горох)	1	контроль (без удобрений)
		2	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$
		3	конский навоз, 15 т/га
		4	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + конский навоз, 15 т/га
		5	органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га
		6	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га
		7	органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га
		8	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га

Опытные делянки квадратной формы 3х3 м расположены в два яруса рандомизированно [3], нарезано 32 делянки. Общая площадь под опытом до 300 м². Схема мелкоделяночного полевого опыта с озимой рожью аналогична. С 2022 г. началась

пятая ротация.

Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный мощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках. В ранее изданных трудах [5,6], авторами показано исходное плодородие почвы:



группировка по содержанию подвижного фосфора, обменного калия – очень низкая; по степени гумусированности почва имела градацию как меньше минимального содержания, что связано с частичной утратой компоненты гумуса в результате эрозионного выноса почвенных частиц и др. По кислотности почва относилась к группировке слабокислых [6,7]. При внесении органического удобрения на основе отходов животноводства разница по содержанию основных питательных элементов была существенной: по азоту – до 24 %, подвижному фосфору – до 19 %, обменному калию – до 36 %. Высокая вариация отмечается по емкости катионного обмена и обменным основаниям; иная картина складывается по гумусу, содержание которого, как известно, растет медленно по сравнению с другими показателями. Результаты агрохимических исследований показали высокую эффективность влияния фон+органическое удобрение на основе отходов животноводства дозой 10т/га под овес и фон+органическое удобрение дозой 15 т/га под озимую рожь в звеньях севооборотов (рис. 1)



Рис. 1 – Наблюдение за ростом и развитием растений в опыте
 Fig. 1 - Observing the growth and development of plants in the experiment

Методы исследований общепринятые. Агротехника зональная. Результаты экспериментов

обрабатывались на компьютерной программе Statistika 10.

Погодные условия соответствовали средним многолетним данным, о чем свидетельствует рассчитанный гидротермический коэффициент по Селянинову, равный 0,9.

Результаты исследований

Показателем посевных качеств семян являются энергия прорастания и лабораторная всхожесть, которые определялись на 3-и и 7-е сутки (рис. 2).

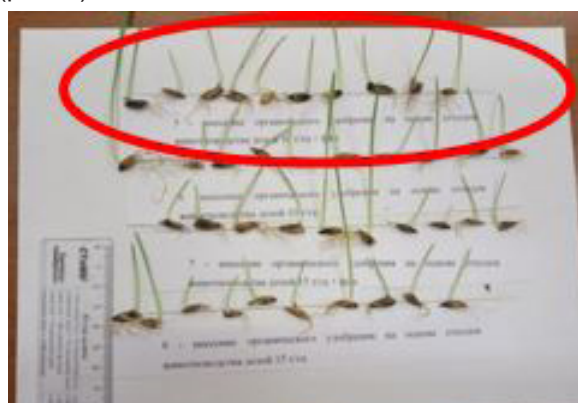


Рис. 2 – Лабораторная всхожесть семян овса на варианте 5 (выделен красным)
 Fig. 2 – Laboratory germination of oat seeds in option 5 (highlighted in red)

Анализ рисунка 2 показывает максимальную энергию прорастания и всхожесть семян озимой ржи сорта Веснянка при замачивании их в почвенной вытяжке (вариант 7) на 5 % и 1 % соответственно, семян овса сорта Буланный на контроле и при замачивании их в почвенной вытяжке (вариант 5) – на 5 % и 2 %.

Количественным и качественным выражением жизнедеятельности органов растений, обуславливающих урожай и отражающих взаимодействие организма и среды на определенных этапах роста и развития является структура урожая [8, 18].

Масса 1000 зерен и структура урожая – генетически обусловленные признаки, вносящие вклад в продуктивность и характеризующие технологические и посевные качества семян (табл. 2).

Таблица 2 – Структура урожая на вариантах мелкоделяночного полевого опыта

Вариант опыта	Масса 1000 зерен, г	Количество продуктивных стеблей шт./м ²	Длина главного соцветия, см	Масса зерна соцветия, г	Количество зерен в соцветии, шт
<i>Зерновое звено (овес - яровая пшеница - однолетние травы)</i>					
1 контроль (без удобрений)	31,5±1,4	454±1,7	11,5±0,009	1,56±0,5	45,2±1,5
2 фон N ₃₅ P ₄₅ K ₂₄	32,2±1,3	423±1,6	12,6±1,3	1,36±0,5	41,3±2,3
3 конский навоз, 15 т/га	33,4±1,8	444±2,2	12,8±1,4	1,49±0,6	46,1±1,7



Продолжение таблицы 2

4	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + конский навоз, 15 т/га	34,3±1,6	490±2,7	11,3±1,8	1,23±0,9	39,9±1,2
5	органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га	35,8±1,9	670±2,9	13,1±2,3	1,96±1,2	51,3±2,8
6	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га	35,2±1,2	620±1,3	12,1±2,6	1,8±0,7	42,1±1,2
7	органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га	34,1±1,5	600±2,1	12,8±1,7	1,7±0,3	44,6±1,3
8	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га	34,9±0,005	610±2,6	12,6±1,5	1,23±1,9	45,8±1,2
Зерно озимой ржи						
<i>Пропашное звено (озимая рожь – картофель – горох)</i>						
1	контроль (без удобрений)	27,6±0,001	411±1,2	6,0±1,8	1,48±0,008	41,0±1,6
2	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$	33,0±1,3	418±1,9	6,8±1,2	1,49±1,9	43,2±1,8
3	конский навоз, 15 т/га	34,0±1,6	425±2,8	6,8±0,005	1,48±1,4	44,0±2,3
4	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + конский навоз, 15 т/га	35,0±1,5	433±1,6	7,0±1,8	1,60±1,1	46,0±1,8
5	органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га	36,6±1,7	480±1,7	7,8±2,1	1,70±0,003	47,0±1,3
6	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га	36,8±2,6	469±1,7	8,0±1,4	1,64±2,4	46,0±2,4
7	органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га	39,0±1,2	492±2,3	9,3±1,6	1,68±2,6	48,0±2,6
8	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га	38,2±1,9	486±1,9	9,1±2,2	1,65±1,2	47,6±1,7

Наиболее крупное зерно овса сформировалось на варианте 5 – 38,5 г, мелкое зерно – на контроле – 26,4 г, что на 12,1 г, или 45,8 % меньше. У растений озимой ржи более крупное зерно установлено на варианте 7 – 39,0 г, тогда как на контроле лишь 27,6 г, что на 12,3 г, или 41 % меньше [11,15].

Количество стеблей на 1-м м² по сравнению с контролем больше на варианте 5 у овса на 108 шт., варианте 7 у озимой ржи на 47 шт.; длина соцветия соответственно – метелки на 5,2 и колоса на 3,3 см, что свидетельствует о большом влиянии минерального питания. В исследованиях связь кустистости и количества зерен в колосе положительная ($r=0,80$), что, по-видимому, являлось сортовой особенностью [13].

Масса зерна с соцветия у культур на этих вариантах была выше контрольных на 8,2 г, или 21 %; на 15,0 г, или 41 %, соответственно. Количество зерен овса в метелке возросло с 20 до 25, то есть

на 25%, в колосе озимой ржи – с 41 до 48 штук в колосе, то есть на 17 %.

Объяснить произошедшие изменения можно, на наш взгляд, оптимальной нормой высева, при которой исключается заражение семян друг от друга, более глубокой закладкой узла кущения, вследствие меньшего затенения, большего накопления сахаров, лучшей перезимовкой растения [14,17].

Наблюдениями в опытах установлено, что максимальная урожайность зерна овса в 2022 году получена на варианте 5 с внесением фон+органическое удобрение на основе отходов животноводства 10 т/га – 25,8 ц/га, по сравнению с контролем +52 %, но при средней урожайности в регионе – 8 %. Самой низкой была урожайность зерна на варианте 1 – контроль и варианте 2 – фон (минеральные удобрения весной), соответственно, 17 и 18 ц/га (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность зерна овса и озимой ржи на вариантах двухфакторного мелкоделяночного полевого опыта ц/га

Вариант опыта	Урожайность в звеньях разных севооборотов			
	зерна овса			
	фактическая	±ц/га	%	
<i>Зерновое звено (овес – яровая пшеница – однолетние травы)</i>				
1	контроль (без удобрений)	17,0±1,2	-	-
2	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$	18,0±0,4	1,0	5,9
3	конский навоз, 15 т/га	20,1±1,4	3,1	18,2
4	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + конский навоз, 15 т/га	23,2±1,3	6,2	36,5
5	органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га	25,8±1,5	8,8	52,0
6	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га	24,2±0,5	7,2	42,4
7	органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га	25,0±1,3	8,0	47,0



8	фон $N_{35}P_{45}K_{24}$ + органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га	24,4±0,4	7,4	43,5
	НСР ₀₅ Для варианта 5 (овес) Для варианта 7 (озимая рожь)	2,6		
<i>Пропашиное звено (озимая рожь – картофель – горох)</i>				
1	контроль (без удобрений)	23,4±0,2	-	-
2	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$	24,0±1,3	0,6	2,6
3	конский навоз, 15 т/га	26,4±1,2	3,0	12,8
4	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + конский навоз, 15 т/га	29,2±0,3	6,2	24,8
5	органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га	37,2±1,4	13,8	59,0
6	фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + органическое удобрение на ООЖ, 10 т/га	37,3±0,5	8,6	45,3
7	органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га	39,5±1,5	16,1	68,8
8	Фон $N_{120}P_{100}K_{50}$ + органическое удобрение на ООЖ, 15 т/га	38,7±1,2	15,3	65,4
	НСР ₀₅ Для фактора А Для фактора Б		2,5 3,9	

Урожайность зерна овса выше на варианте 5 по сравнению с контролем на 8,8 ц/га, или на 51,7 %, а на варианте 8 – на 1,4 ц/га или на 5,7 %. Урожайность зерна озимой ржи на варианте 7 – фон с внесением удобрения 15 т/га составила 39,5 ц/га, или +69 % к контролю (23,4 ц/га), а на варианте 5 – фон + органическое удобрение на основе отходов животноводства дозой 10 т/га была на 2,3 ц/га ниже по сравнению с вариантом 7. Фактическая урожайность зерна овса и озимой ржи на этих вариантах была выше планируемой на 3 % и 4 %.

Учитывая коэффициент перевода продукции в зерновые единицы для овса 0,80 на варианте 5 получено 20,64 цз.ед., озимой ржи при коэффициенте 1,00 на варианте 7 – 39,5 цз.ед [11,12].

Результаты наших исследований не подтверждают мнение, изложенное в [9] (2009) об отсутствии влияния системы удобрений на структуру посева. Так, внесение конского навоза с фонном и без, органического удобрения на основе отходов животноводства разными дозами способствовало повышению величин изучаемых показателей.

Заключение

Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что при внесении органического удобрения на основе отходов животноводства под овес оптимальной дозой является 10 т/га (вариант 5), что выражено в максимальной урожайности 25,8 ц/га. При этом масса 1000 зерен составила 35,8 г, количество продуктивных стеблей растений овса – 670 шт./м², длина главного соцветия – 13,1 см, масса зерна соцветия – 1,96 г, количество зерен в соцветии 51,3 шт.

Внесение этого же удобрения под озимую рожь установило оптимальную дозу 15 т/га (вариант 7): масса 1000 зерен составила 39 г, количество продуктивных стеблей растений ржи – 492 шт./м², длина главного соцветия – 9,1 см, масса зер-

на соцветия – 1,65 г, количество зерен в соцветии 47,6 шт. Фактическая урожайность озимой ржи составила 39,5 ц/га. Результаты исследований подтверждены двумя патентами на изобретение № 2784389, № 2787398 (в соавт.).

Список источников

- Бакаева, Н. П. Антистрессовое воздействие органоминеральных удобрений в агротехнологии озимой пшеницы/ Н.П. Бакаева, О. Л. Салтыкова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2020. - №4(52). – С.65-72. URL: <https://yandex.ru/search/?text=1.%09Бакаева%2C+Н.+П.+Антистрессовое+воздействие+органоминеральных+удобрений+в+агротехнологии+озимой+пшеницы&lr=11&clid=2261452>
- Бакаева, Н.П. Содержание азота в почве и активность нитратредуктазы в листьях озимой пшеницы при применении азотных удобрений / Н.П. Бакаева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2020. - Том 5. - №2. – С.13-19. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42806304>
- Белоусов, С.В. Агротехнологические системы земледелия в сохранении плодородия почвы / С.В. Белоусов // Научный журнал КубГАУ, 2023. - № 187(03). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36481591>
- Бильдиева, Е.А. Влияние технологии возделывания на накопление азота растениями озимой пшеницы / Е.А. Бильдиева, Ф.В.Ерошенко // Влияние технологии возделывания на накопление азота растениями озимой пшеницы // Сельскохозяйственный журнал. 2023. No 1 (16). С. 4-11. DOI10.48612/FARC/2687-1254/001.1.16.2023. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41272436>
- Богатырёва Е.В., Фоменко П.А. Содержание основных элементов питательности и минерального состава в зависимости от видового набора укосных трав в условиях Вологод-



ской области // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 1 (16). С. 12-24. DOI10.48612/FARC/2687-1254/002.1.16.2023.

6. Виноградов, Д.В. Основы агрономии / Д.В. Виноградов, О.А. Захарова. – М.: М.: Издательский центр «Академия», 2022. – 240 с. URL: <https://www.chitai-gorod.ru/catalog/book/2876326/>

7. Джангабаев, Б.Ж. Влияние современных технологий возделывания полевых культур на эффективное плодородие чернозема обыкновенного / Б.Ж. Джангабаев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2023. - Том 5. - №4. – С.29-36. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=gsjsho>

8. Золотарёва, Р.И. Структурный анализ озимой ржи в зависимости от сорта и внесения минерального удобрения / Р.И. Золотарёва, В.А. Максимов // Международный научно-исследовательский журнал, 2019. - № (97) Часть 1. – С. 151-155. URL: https://revolution.allbest.ru/agriculture/01227383_0.html

9. Кучер, Д. Е. Дорожить прошлым (Об Андрее Тимофеевиче Болотове) / Д. Е. Кучер, О. А. Захарова, Д. В. Виноградов.- Видное, 2020. – 164 с. URL: <https://repository.rudn.ru/en/records/monograph/record/66356/>

10. Неверов, А. А. Прогноз продуктивности полевых культур на основе телекоммуникационных связей / А.А. Неверов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2023. - №1(61). – С.20-27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ifdpzu>

11. Никифорова, С.А. Отзывчивость яровой пшеницы на действие и последствие органических и минеральных удобрений / С.А. Никифорова, С.А. Захаров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2020. - №4(52). – С.88-93. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48314688>

12. Орлов, А.И. Статистический анализ выборок из бета-распределения / А.И. Орлов // На-

учный журнал КубГАУ, 2023. - № 187(03). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22567334>

13. Павлова, О.В. Посевные качества семян и ростовые процессы на ранних этапах органогенеза озимой пшеницы в зависимости от обработки их биопрепаратами / О. В. Павлова, Л. А. Марченкова, Р. Ф. Чавдарь, Т. Г. Орлова, Н. Ю. Гармаш, С. И. Чебаненко, О. А. Савоськина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, 2023. - №1(16). – С.35-44. DOI10.48612/FARC/2687-1254/002.1.16.2023. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39322926>

14. Параскевов, А.В. Способы и технические требования к процессу аналитики больших данных в сельском хозяйстве / А.В. Параскевов // Научный журнал КубГАУ, 2023. - № 187(03). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22567334>

15. Петровец, В.Р. Результаты мелкоделяночного опыта по предпочтительному размещению семян зерновых культур при посеве [Текст] / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, 2018. - №1. – С. 169-172. URL: <https://elib.baa.by/xmlui/handle/123456789/915?show=full>

16. Подколзин О.А. Оценка агроэкологического состояния почв агроландшафтов Западного Предкавказья / О.А. Подколзин, А.Ю. Перов // Научный журнал КубГАУ, 2022. - № 184(10). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22567334>

17. Попов, А.А. Введение инновационных элементов в биологические агротехнологии Центрально-Чернозёмной зоны России / А.А. Попов, Н.И. Клостер, В.Б. Азаров, В.В. Лоткова // Научный журнал КубГАУ, 2022. - № 184(10). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22567334>

18. Сычев, В.Г. О балансе питательных веществ в земледелии России / В.Г. Сычев, С. А. Шафран // Плодородие, 2017. - №1 – С. 1-4. URL: <https://www.vestnik-rsn.ru/vrsn/article/view/763>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Bakaeva, N. P. Antistressovoe vozdejstvie organomineral'nyh udobrenij v agrotekhnologii ozimoy pshenicy / N.P. Bakaeva, O. L. Saltykova // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii, 2020. - №4(52). – С.65-72. URL: <https://yandex.ru/search/?text=1.%09Bakaeva%2C+N.+P.+Antistressovoe+vozdejstvie+organomineral'nyh+udobrenij+v+agrotekhnologii+ozimoy+pshenicy&lr=11&clid=2261452>

2. Bakaeva, N.P. Soderzhanie azota v pochve i aktivnost' nitratreduktazy v list'yah ozimoy pshenicy pri primenenii azotnyh udobrenij / N.P. Bakaeva // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii, 2020. - Том 5. - №2. – С.13-19. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42806304>

3. Belousov, S.V. Agrotekhnologicheskie sistemy zemledeliya v sohranenii plodorodiya pochvy / S.V. Belousov // Nauchnyj zhurnal KubGAU, 2023. - № 187(03). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36481591>

4. Bil'dieva, E.A. Vliyanie tekhnologii vzdelyvaniya na nakoplenie azota rasteniyami ozimoy pshenicy / E.A. Bil'dieva, F.V. Eroshenko // Vliyanie tekhnologii vozde-lyvaniya na nakoplenie azota rasteniyami ozimoy pshenicy // Sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2023. No 1 (16). S. 4-11. DOI10.48612/FARC/2687-1254/001.1.16.2023. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41272436>

5. Bogatyryova E.V., Fomenko P.A. Soderzhanie osnovnyh elementov pitatel'nosti i mineral'nogo sostava v zavisimosti ot vidovogo nabora ukos-nyh trav v usloviyah Vologodskoj oblasti // Sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2023. No 1 (16). S. 12-24. DOI10.48612/FARC/2687-1254/002.1.16.2023.



6. Vinogradov, D.V. *Osnovy agronomii* / D.V. Vinogradov, O.A. Zaharova. – M.: M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2022. – 240 s. URL: <https://www.chitai-gorod.ru/catalog/book/2876326/>
7. Dzhangabaev, B.ZH. *Vliyanie sovremennykh tekhnologij vozdeystviya polevykh kul'tur na effektivnoe plodorodie chernozema obyknovennogo* / B.ZH. Dzhangabaev // *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2023. - Tom 5. - №4. – S.29-36. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=gsjhs0>
8. Zolotaryova, R.I. *Strukturnyj analiz ozimoi rzi v zavisimosti ot sortai vneseniya mineral'nogo udobreniya* / R.I. Zolotaryova, V.A. Maksimov // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2019. - № (97) CHast' 1. – S. 151-155. URL: https://revolution.allbest.ru/agriculture/01227383_0.html
9. Kucher, D. E. *Dorozhit' proshlym (Ob Andree Timofeeviche Bolotove)* / D. E. Kucher, O. A. Zaharova, D. V. Vinogradov.- *Vidnoe*, 2020. – 164 s. URL: <https://repository.rudn.ru/en/records/monograph/record/66356/>
10. Neverov, A. A. *Prognoz produktivnosti polevykh kul'tur na osnove telekommunikacionnykh svyazej* / A.A. Neverov // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2023. - №1(61). – S.20-27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ifdpzu>
11. Nikiforova, S.A. *Otzyvchivost' yarovoj pshenicy na dejstvie i posledejstvie organicheskikh i mineral'nykh udobrenij* / S.A. Nikiforova, S.A. Zaharov // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2020. - №4(52). – S. 88-93. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48314688>
12. Orlov, A.I. *Statisticheskij analiz vyborok iz beta-raspredeleniya* / A.I. Orlov // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*, 2023. - № 187(03). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22567334>
13. Pavlova, O.V. *Posevnye kachestva semyan i rostovye processy na rannih etapah organogeneza ozimoi pshenicy v zavisimosti ot obrabotki ih biopreparatami* / O. V. Pavlova, L. A. Marchenkova, R. F. CHavdar', T. G. Orlova, N. YU. Garmash, S. I. CHEbanenko, O. A. Savos'kina // *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2023. - №1(16). – S.35-44. DOI10.48612/FARC/2687-1254/002.1.16.2023. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39322926>
14. Paraskevov, A.V. *Sposoby i tekhnicheskie trebovaniya k processu analitiki bol'shix dannykh v sel'skom hozyajstve* / A.V. Paraskevov // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*, 2023. - № 187(03). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22567334>
15. Petrovec, V.R. *Rezultaty melkodelyanochnogo opyta po predpochtitel'nomu razmeshcheniyu semyan zernovykh kul'tur pri poseve [Tekst]* / V. R. Petrovec, S. V. Kurzenkov, N. I. Dudko, D. V. Grekov // *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2018. - №1. – S. 169-172. URL: <https://elib.baa.by/xmlui/handle/123456789/915?show=full>
16. Podkolzin O.A. *Ocenka agroekologicheskogo sostoyaniya pochv agrolandshaftov Zapadnogo Predkavkaz'ya* / O.A. Podkolzin, A.YU.Perov // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*, 2022. - № 184(10). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22567334>
17. Popov, A.A. *Vvedenie innovacionnykh elementov v biologicheskie agrotekhnologii Central'no-CHernozyomnoj zony Rossii* / A.A. Popov, N.I. Kloster, V.B. Azarov, V.V. Lotkova // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*, 2022. - № 184(10). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22567334>
18. Sychev, V.G. *O balanse pitatel'nykh veshchestv v zemledelii Rossii* / V.G. Sychev, S. A. SHafran // *Plodorodie*, 2017. - №1 – S. 1-4. URL: <https://www.vestnik-rsn.ru/vrsn/article/view/763>

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.

Сведения об авторах

Садовая Ирина Игоревна – аспирант кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, sadovayaii@mail.ru

Захарова Ольга Алексеевна – д-р с-х. наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ol-zahar.ru@yandex.ru

Author Information

Sadovaya Irina I., Post-Graduate Student of the Department of the Technology of Agricultural Production and Processing, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, sadovayaii@mail.ru

Zakharova, Olga A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, ol-zahar.ru@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 14.03.2023; одобрена после рецензирования 29.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 14.03.2023; approved after reviewing 29.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №2, с.74-81
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №2, pp. 74-81

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.62
DOI: 10.36508/RSATU.2023.59.29.011

РАЗРАБОТКА НОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛООЧИСТИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЗОНЫ ОСУШЕНИЯ

Хамзат Арсланбекович Абдулмажидов

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
г. Москва, Россия

hamzat72@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования была разработка новых эффективных рабочих органов мелиоративных каналочистительных машин на основе выявленных при их эксплуатации задач.

Методология. Очистительные и восстановительные работы выполняли на мелиоративных каналах полевой опытной станции Тимирязевской академии. В качестве объекта исследования выступал очиститель каналов навесной ОКН-0,5 с ковшовым рабочим органом на базе пневмоколесного трактора Беларус-1221. Перед проведением очистных работ состояние мелиоративных каналов осушительной системы не соответствовало требованиям по содержанию элементов мелиоративной системы. В каналах наблюдались наносы, заиления и травянистая растительность, наличие которых нарушали проектные размеры каналов, что, в свою очередь, влияло на пропускную способность канала и нормальное функционирование системы в целом.

Результаты. В результате исследования, направленного на изучение особенностей основных технико-эксплуатационных, технико-экономических и конструктивных показателей каналочистителя ОКН-0,5 периодического и позиционного действия, а также технических характеристик и геометрических размеров осушительных каналов как с закрепленным, так и без крепления дна, предложены новые конструкции активных и пассивных сменных рабочих органов. Предложенные конструкции рабочих органов позволяют повысить эффективность очистки закрепленного дна канала без разрушения его элементов. В случаях очистки каналов с незакрепленным дном качество очистки достигается применением ковша трапециевидального профиля, откосы очищаются ковшом обратной лопаты с дополнительным устройством к ковшу для захвата и фиксации в нем травяной и кустарниковой растительности до момента выгрузки.

Заключение. Результаты исследования позволили расширить виды сменных рабочих органов каналочистителя ОКН-0,5, на которые необходимо ориентироваться при внедрении в опытное производство с целью достижения высокого качества очистных работ на мелиоративных каналах для их нормального функционирования.

Ключевые слова: очистка мелиоративных каналов, каналочиститель, наносы и заиления в каналах, каналы с закрепленным дном, растительность в каналах, откосы, берма

Для цитирования: Абдулмажидов Х.А. Разработка новых рабочих органов мелиоративных каналочистителей для зоны осушения // Вестник Рязанского государственного аграрного университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №2. С. 74-81 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.59.29.011](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.59.29.011)

Original article

DEVELOPMENT OF NEW WORKING BODIES OF RECLAMATION CHANNEL CLEANERS FOR THE DRAINAGE ZONE

Khamzat Arslanbekovich Abdulmashidov

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

© Абдулмажидов Х.А., 2023 г.



hamzat72@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of this study was to develop new efficient working bodies of reclamation channel cleaning machines based on the tasks identified during their operation.

Methodology. Cleaning and restoration work was carried out on the reclamation channels of the field experimental station of the Timiryazev Academy. The object of the study was a channel cleaner mounted OKN-0.5 with a bucket working body based on the Belarus-1221 pneumatic wheel tractor. Before the cleaning work, the condition of the reclamation channels of the drainage system did not meet the requirements for the content of the elements of the reclamation system. Sediments, silts and grassy vegetation were observed in the canals, the presence of which violated the design dimensions of the canals, which in turn affected the throughput of the canal and the normal functioning of the system as a whole. Results. As a result of the study aimed at studying the features of the main technical-operational, technical-economic and constructive indicators of the channel cleaner OKN-0.5 periodic and positional action, as well as the technical characteristics and geometric dimensions of drainage channels both with fixed and without fixing the bottom, new designs of active and passive replaceable working bodies were proposed. The proposed designs of the working bodies will increase the efficiency of cleaning the fixed bottom of the channel without destroying its elements. In cases of cleaning channels with an unfastened bottom, the quality of cleaning is achieved by using a trapezoidal profile bucket, the slopes are cleaned with a backhoe bucket with an additional device to the bucket for capturing and fixing grass and shrub vegetation in it until unloading.

Conclusion. The results of the study made it possible to expand the types of replaceable working bodies of the OKN-0.5 canal cleaner, which must be guided by when introducing into pilot production in order to achieve high quality cleaning work on reclamation channels for their normal functioning.

Key words: cleaning of reclamation channels, canal cleaner, sediments and siltations in the canals, channels with fixed bottom, vegetation in the canals, slopes, berm

For citation: Abdulmashidov Kh.A Development of new working bodies of reclamation channel cleaners for the drainage zone // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2. P. 74-81 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.59.29.011>

Введение

В настоящее время в полноценном функционировании мелиоративных систем важную роль играет очистка и восстановление уже существующих их элементов – каналов. Если учесть, что строительство новых каналов значительно уменьшилось, необходимость восстановления каналов как оросительных, так и осушительных, выходит на первый план.

На сегодняшний день у нас в стране существуют мелиоративные хозяйства, начиная от эффективно работающих, заканчивая теми, деятельность которых совсем прекращена. Если речь идет об осушительных каналах, то необходимость их наличия и качественной эксплуатации становится очевидной в паводковый период, когда нужно сбрасывать излишки воды, и в период засухи, когда влагу необходимо сохранить использованием различных сооружений на каналах (шлюзы и т.п.). По конструкции осушительные каналы бывают трапецеидального профиля, открытые без крепления дна и откосов, выполненные в земляном теле; такие каналы составляют основную часть осушительных систем в РФ. Выпуск специальных каналоочистительных машин в стране значительно сокращен. Для очистки таких каналов от наносов при отсутствии специальных каналоочистительных машин допускается использование общестроительных экскаваторов поперечного копания с рабочим оборудованием – обратная лопата, при этом часто используется уширенный ковш для увеличения производительности. Существуют также осушительные трапецеидальные каналы с закрепленным дном. Дно каналов крепят для обеспечения устойчивости откосов с помощью до-

щатых, фашинных, деревянных и каменных конструкций [1-5].

Очевидно, что использование общестроительных экскаваторов поперечного копания для очистки закрепленного дна и откосов может привести к разрушению конструкций крепления. В таком случае необходимы специальные каналоочистительные машины, способные очищать закрепленное дно канала. Каналоочистительная машина, разработанная на ОАО «Кохановский экскаваторный завод» (Амкодор) – ОКН-0,5 – подходит для очистки дна и откосов незакрепленного канала, однако данная машина не обладает сменным рабочим органом для очистки закрепленного дна. Настоящая работа направлена на то, чтобы предложить сменные рабочие органы для очистки закрепленного дна, и, в целом, для определения развития проектирования рабочих органов каналоочистительных машин [1-5, 6-10].

Еще одной машиной, способной производить очистку закрепленного дна канала, является каналоочиститель РР-303 (русловой ремонтёр для очистки каналов глубиной до трех метров), разработанный на кафедре мелиоративных и строительных машин Московского гидромелиоративного института (ныне РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева). Сохранность элементов крепления канала при работе руслового ремонтёра обеспечивается за счет строго прямолинейного по оси канала движения ковша на жестких направляющих. Жесткие направляющие, изготовленные из двух параллельных швеллеров, по которым на роликах движется ковш, имеют две концевые винтовые опоры. Вся конструкция шарнирно крепится к составной телескопической стреле, которая, в



свою очередь, шарнирно соединяется с основной рамой машины. Рабочее оборудование устанавливается на гусеничный трактор третьего тягового класса. Такое оборудование обеспечивает не только защиту конструкций креплений, но и нужное качество очистки с требуемым уклоном дна. В условиях очистки канала без крепления дна есть возможность применения сменного ковша трапецеидального профиля, который может удалять наносы и заилиения не только со дна канала, но и с прилежащих ко дну частей откосов. Было изготовлено три опытных экземпляра таких машин, которые успешно прошли полевые испытания, однако в серийное производство или выпуск по заказу машины так и не были запущены [11-13].

Материалы и методы исследования

Научно-практическое исследование выполняли в условиях полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в период с сентября по ноябрь 2022 года. В рамках работы Инжинирингового центра Тимирязевской академии было закуплено рабочее оборудование каналоочистителя ОКН-0,5, которое было установлено силами сотрудников кафедры организации и технологий гидромелиоративных и строительных машин на предусмотренный технической документацией пневмоколесный трактор полевой станции Беларус-1221. Наладку элементов гидропривода производили сотрудники компании по гарантии.

В качестве объектов исследования рассматривались мелиоративные осушительные каналы без крепления дна и откосов на территории академии. Состояние каналов оценивалось визуально на предмет наличия наносов, заиления и растительности. По результатам исследований на участках каналов множество наносов и заиления. Кроме этого, в русле канала было зафиксировано наличие грунтов и торфяных почв. Для нормального функционирования мелиоративной системы размеры русла канала необходимо было привести к проектным. Для этого применялась каналоочистительная машина ОКН-0,5 с уширенным ковшом поперечного копания, которая, в свою очередь, рассматривалась в качестве предмета исследований. Для удобства проведения исследований каналы были разбиты на участки длиной по 200 м. В процессе работы необходимо было обеспечивать требуемый уклон дна канала [14-17].

Несмотря на идентичные элементы рабочего оборудования каналоочистителя и экскаватора с рабочим оборудованием «обратная лопата» принцип действия машины отличается. Во-первых, рабочее оборудование используется в качестве боковой навески; во-вторых, имеется дополнительное опорное колесо, обеспечивающее вместе с бульдозерным отвалом устойчивость машины при работе.

При определении технико-эксплуатационных показателей работы (производительности) каналоочистителя, как машины периодического – позиционного действия, с помощью секундомера измерялась продолжительность всех операций цикла, который включает в себя: время на отрыв

наносов со дна и откосов, время на подъем ковша с наносами, время на поворот ковша в плане к месту выгрузки (на берму), время разгрузки ковша, время переезда машины на следующую позицию и время на обратный поворот ковша в русло канала. Для сокращения продолжительности цикла, соответственно, увеличения производительности, некоторые операции цикла можно совместить, например, подъем и поворот ковша. При высокой квалификации машиниста производительность также может значительно увеличиться. Объем наносов в ковше определялся, исходя из стандартной вместимости с учетом коэффициента наполнения ковша $K_n=0,7-1,12$.

Анализ проведенных исследований состояния каналов, а также возможностей каналоочистителя позволил выявить некоторые недостатки машины при проведении очистительных работ по каналам с закрепленным дном. Техническое решение – поворотный ковш по очистке закрепленного дна осушительного канала, выполнено с использованием графического пакета Inventor Pro. Прочностные расчеты новых элементов и конструкций также выполнены в этой системе. Статический расчет машины со сравнительно большой массой нового ковша выполнен с помощью мини-программы, написанной в системе Mathcad.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализируя конструкцию канала с незакрепленным и закрепленным дном (рис. 1) и возможности рабочего оборудования каналоочистителя ОКН-0,5 поперечного копания при проведении испытаний на мелиоративных системах (рис. 2), пришли к выводу о том, что очистку канала с незакрепленным дном машина успешно проводит, но для канала с закрепленным дном необходимо применить новый рабочий орган – уширенный ковш с сепарацией, работающий по принципу грейфера. Первый вариант предлагаемого рабочего органа – ковш (рис. 3, а) состоит из верхнего корпуса, шарнирно соединенного с рукоятью рабочего оборудования и с гидроцилиндром поворота в вертикальной плоскости. В нижней части к корпусу шарнирно присоединены два смыкающихся ножа с приводом от двух гидроцилиндров посредством толкателей. Работа машины с данным ковшом заключается в вертикальном опускании его в пространство закрепленного дна, режущие ножи при этом направлены вертикально вниз. По мере опускания ковша ножи внедряются в наносы и заиления. В момент заглубления ножей на всю их высоту включаются гидроцилиндры, с помощью которых производится смыкание ножей, тем самым происходит наполнение ковша. Далее ковш поднимается и поворачивается к месту разгрузки. Разгрузка ковша производится на берму размыканием ножей с помощью гидроцилиндров. Затем машина переезжает на новую позицию.

Данный ковш используется при строго параллельной оси очищаемого канала установке базового трактора, в противном случае возникают сложности при размещении ковша внутри закрепленного дна. Ширина ковша составляет 2 метра,



т.е. с одной позиции могут быть удалены наносы с участка длиной 2 м.

С учетом того, что в процессе работы не всегда удается производить установку машины в рабочее положение строго параллельно оси канала, в конструкцию рабочего органа были внесены изменения, касающиеся возможности поворота ковша в плане, что позволит обеспечить точное его расположение в пространстве закрепленного дна, т.е. был установлен механизм поворота с гидрав-

лическим приводом (рис. 3, б). Более того, возможность поворота ковша в плане позволяет производить операцию очистки с одной позиции трех последовательных участков канала с суммарной длиной 6 метров. Такая возможность существенно уменьшает время, затрачиваемое на переезд на новую позицию и подготовку рабочего оборудования к работе; соответственно, увеличивается производительность.



а)



б)

Рис. 1 – Мелиоративный канал: а) без крепления дна; б) с закрепленным дном

Fig. 1 - Ameliorative canal: a) without fixing the bottom; b) with a fixed bottom



Рис. 2 – Работа каналоочистителя ОКН-0,5

Fig. 2 – Operation of the canal cleaner OKN-0.5

Характеристики осушительных каналов представлены в таблице 1. Анализ характеристик показал, что значительная часть осушительных каналов имеет ширину по дну 0,4 м, исходя из

этого, можно принять ширину ковша равной 0,4 м. Остальные параметры ковша определены исходя из технологий проведения работ.

Таблица 1 – Ширина по дну открытых осушителей

Ширина по дну, м	Россия (Смоленская область)	Белоруссия
0,2-0,25	Нет	26,0%
0,4	87,0%	49,0%
0,6	10,0%	19,0%
Свыше 0,6	3,0%	6,0%

В таблице 2 представлены типоразмеры поперечных сечений мелиоративных каналов, выполненные общестроительными и специализированными машинами.

Таблица 2 – Типоразмеры поперечных сечений каналов в земляном русле осушительных систем

Наименование каналов	Строительная глубина, м	Ширина канала по дну, м	Коэффициент заложения откосов
1. Каналы, выполненные общестроительными машинами			
Проводящие	св. 0,8 до 1,5	0,4; 0,6; 0,8	1,0; 1,5; 2,0
Регулирующие	св. 1,5 до 2,5	0,6; 0,8; 1,0	1,5; 2,0; 2,5
Напорные	св. 1,5 до 3,0	0,6; 0,8; 1,0; 1,5	1,5; 2,0; 2,5
2. Каналы, выполненные специализированными машинами			
Проводящие	св. 0,8 до 1,0	0,25	1,0
Регулирующие	св. 1,0 до 1,2	0,25; 0,4; 0,6	1,0; 1,5
Напорные	св. 1,2 до 1,7	0,25; 0,4; 0,6	

На рисунке 3 представлены новые сменные рабочие органы каналоочистителя ОКН-0,5. Рабочий орган шарнирно соединен с рукоятью, которая, в свою очередь, соединяется со стрелой рабочего оборудования.

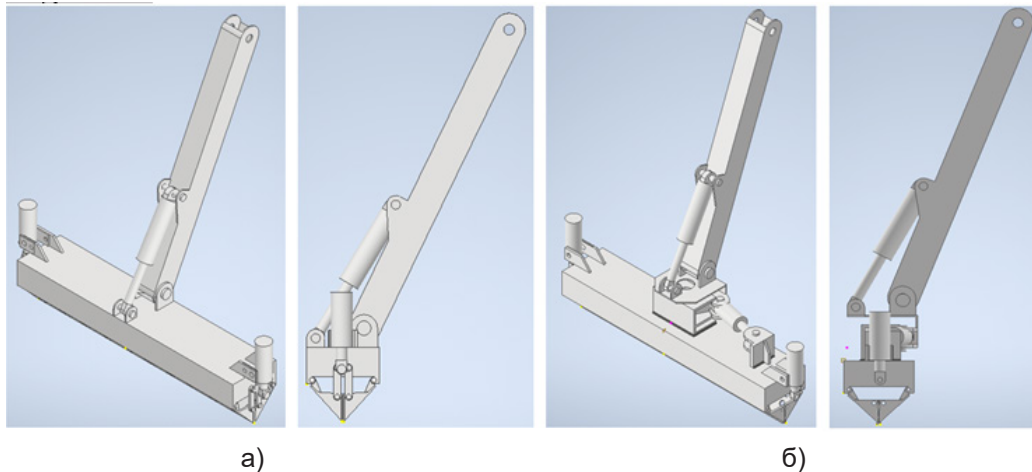


Рис. 3 – Новые рабочие органы каналоочистителя ОКН-0,5:

а) поперечного действия; б) с поворотным механизмом

Fig. 3 – New working bodies of the OKN-0.5 canal cleaner:

a) transverse action; b) with a rotary mechanism

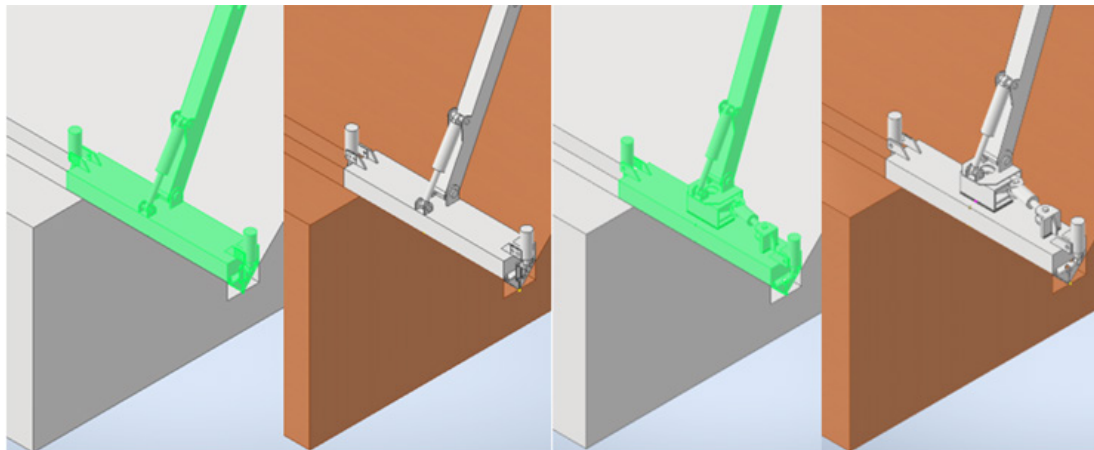
Схема работы предлагаемых ковшей отличается от траектории движения рабочего органа «обратной лопаты» строгой вертикальной подачей, тогда как при поперечном копании ковш может разрушить конструкцию креплений. На рисунке 4 представлена схема подачи и размещения рабочих органов в каналоочистителе в пространстве между креплениями.

С учетом того, что предлагаемый ковш имеет массу больше чем у стандартного ковша, проведен расчет устойчивости машины. Расчет устойчивости заключается в определении коэффициента устойчивости, который представляет собой отношение суммы всех восстанавливающих моментов к сумме всех опрокидывающих моментов. Это отношение должно быть не менее 1,15. В нашем случае восстанавливающие моменты относительно точки опрокидывания возникают от величин массы базового трактора и противовеса. Точкой опрокидывания принимается крайняя точка дополнительного цилиндрического колеса устойчи-

вости. Опрокидывающие моменты возникают от величин масс стрелы, рукояти и конструкции нового ковша с гидроцилиндрами.

Производительность каналоочистителя с новыми ковшами определяется по формуле: $P_{\Sigma} = qn$, где q – геометрическая вместимость ковша, m^3 ;

n – число циклов в час, $n = 3600/T_{\Sigma}$, где T_{Σ} – продолжительность цикла (сек.), который включает в себя время t_1 на опускание и установку рабочего органа в канал (в пространство между креплениями дна канала), время t_2 на копание наносов и заилений, время t_3 на подъем ковша на требуемую высоту, время t_4 на поворот оборудования в плане к месту разгрузки, время t_5 на разгрузку, время t_6 на переезд на новую позицию (для неповоротного в плане ковша), время t_6 на обратный поворот на дно закрепленного канала для трех участков длиной соответствующей ширине ковша (для поворотного ковша), время t_7 – на переезд на новую позицию (для поворотного ковша).



а)

б)

Рис. 4 – Установка рабочего органа каналоочистителя ОКН-0,5 в пространство закрепленного дна канала:

а) поперечного действия; б) с поворотным механизмом

Fig. 4 – Installation of the working body of the channel cleaner OKN-0.5 in the space of the fixed bottom of the channel:

a) transverse action; b) with a rotary mechanism

Разработка новых рабочих органов требует проведения их прочностных расчетов. Смыкающиеся ножи новых рабочих органов выполнены с сепарацией для отвода воды в процессе перемещения наносов на берму. На прочностных характеристиках наличие отверстий влияет незначительно. Прочностные расчеты новых конструкций ковша выполнены в системе Inventor Pro методом конечных элементов в следующей последовательности:

1. Выполняется конструкция или деталь в объеме, т.е. формируется твердотельная модель с помощью программных инструментов выдавливания, вращения, изгиба или лофтинга.
2. Задается материал конструкции.
3. Определяются граничные условия, т.е. выясняются опорные поверхности.
4. Задаются нагрузки в требуемых точках и заданной величины. Нагрузки могут быть в виде сосредоточенной или распределенной силы, также могут быть изгибающие моменты.
5. Создается конечно-элементная сетка, т.е. деталь или конструкция разбивается на конечные элементы.
6. Производится расчет с помощью встроенного модуля.
7. Формируется отчет по анализу напряженного состояния.

В отчете по прочности представляются таблицы с результатами и гистограммы напряженного состояния. Из множества расчетных данных наибольший интерес представляет запас прочности. Для стальных конструкций запас прочности находится в пределах от 1,5 до 2,0, для чугунных – от 2,0 до 2,5. В случае если для стальных деталей запас прочности менее 1,5 – деталь не пригодна для применения; если этот параметр окажется больше допустимого диапазона, то наблюдается увеличенный расход металла. В случаях, когда запас прочности оказывается в допустимом диапа-

зоне, но близким к минимальным значениям, имеет смысл проведение уточненного прочностного расчета. Сущность уточненного расчета заключается в разбивке детали на более мелкие конечные элементы, что позволяет получить более точный результат [17-18].

Рабочее оборудование каналоочистителя ОКН-0,5 является неполноповоротным, т.е. угол поворота составляет 142 градуса. Такая особенность позволяет перемещать разработанные наносы из канала на берму. Часто наносы и растительность выгружаются у бровки бермы. В случае, если перемещаемые из канала материалы вредны для окружающей среды или для выращиваемых на мелиорируемых площадях сельскохозяйственных культур, их собирают в кучи с помощью бульдозеров, производят погрузку экскаваторами в самосвалы и увозят на утилизацию. Если наносы и загрязнения безвредны, то их с помощью специальных машин с прицепным винтовым механизмом распределяют с бермы по полю.

Заключение

С целью изучения качества производимых очистных работ на мелиоративных осушительных каналах как с закрепленным дном, так и без его крепления произведена разработка новых конструкций рабочих органов и технической документации к ним. В результате исследований работы каналоочистителя ОКН-0,5 установлено:

- 1) заиливания и наносы на закрепленном дне осушительного канала приводят не только к снижению пропускной способности канала, но и отводу излишков воды с мелиорируемой территории.
- 2) невозможность очистки закрепленного дна с помощью стандартного ковша поперечного копания; такие попытки могут привести к разрушению элементов крепления;
- 3) необходимость разработки ковшей для очистки закрепленного дна, работающих по принципу грейфера;



4) в работе представлены варианты ковшей рабочего органа каналоочистителя ОКН-0,5 в просторанстве закреплённого дна канала: а) поперечного действия; б) с поворотным механизмом;

5) работа поворотного ковша позволяет увеличить производительность по сравнению с неповоротным на 40 %. Это связано с тем, что с поворотным ковшом можно разрабатывать наносы на трех последовательных участках с одной позиции.

Список источников

1. Абдулмажидов, Х. А. Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе Inventor Pro / Х. А. Абдулмажидов, А. С. Матвеев // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2016. – № 2(72). – С. 40-46.

2. Абдулмажидов, Х. А. Совершенствование рабочего оборудования каналоочистителя РР-303 / Х. А. Абдулмажидов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2011. – № 2(47). – С. 58-60.

3. Карапетян, М. Л. Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 / М. Л. Карапетян, Х. Л. Абдулмажидов // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 78-80.

4. Теловов, Н. К. Экспериментальные исследования физической модели рабочего органа двухуровневого глубоководного очистителя / Н. К. Теловов, Х. А. Абдулмажидов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2019. – № 3(91). – С. 22-27. – DOI 10.34677/1728-7936-2019-3-22-27.

5. Полевые испытания экспериментальной картофелесажалки / Г. Е. Шардина, М. В. Карпов, Е. С. Нестеров [и др.] // Научная мысль. – 2016. – № 5. – С. 59-65.

6. Спирин, Ю. А. Улучшение мелиоративного состояния осушаемых сельскохозяйственных земель польдерного массива в Славском районе Калининградской области / Ю. А. Спирин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 1(33). – С. 39-54. – DOI 10.31774/2222-1816-2019-1-39-54.

7. Андреева, Е. В. Техника для ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах [Земляные работы, окашивание и очистка русла, уход за гидротехническими сооружениями в Белоруссии] / Е. В. Андреева // . – 2006. – № 3. – С. 757.

8. Погодин, Н. Н. Малозатратная технология

очистки от заиливания приустьевой части коллекторной сети и водопропускных сооружений / Н. Н. Погодин, А. С. Анженков, В. А. Болбышко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 43-46.

9. Фаталиев, Н. Г. Эффективность поддержания мелиоративных каналов в исправном состоянии / Н. Г. Фаталиев, Ф. М. Магомедов, И. М. Меликов // Проблемы развития АПК региона. – 2012. – Т. 10, № 2(10). – С. 123-127.

10. Тищенко, А. И. Определение предельного значения усилия водного потока, способствующего образованию местных деформаций в руслах мелиоративных каналов / А. И. Тищенко // Экология и водное хозяйство. – 2020. – № 2(5). – С. 138-154. – DOI 10.31774/2658-7890-2020-2-138-154.

11. Моделирование водного режима почв на полях мелиоративных систем двойного регулирования / В. Н. Щедрин, В. И. Коржов, А. Л. Кожанов, В. Б. Черемисова // Мелиорация и гидротехника. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 1-17. – DOI 10.31774/2712-9357-2022-12-1-1-17.

12. Щедрин, В. Н. Подходы к формированию принципов создания современных мелиоративных систем и объектов / В. Н. Щедрин, В. И. Коржов, А. А. Белоусов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 3(39). – С. 170-188. – DOI 10.31774/2222-1816-2020-3-170-188.

13. Линкевич, Н. Н. Эксплуатационный контроль за состоянием креплений откосов грунтовых сооружений и береговых склонов / Н. Н. Линкевич // Мелиорация. – 2020. – № 3(93). – С. 23-34.

14. Ракицкий, А. И. Гидравлический расчет открытого канала в среде HEC-RAS / А. И. Ракицкий // Мелиорация. – 2022. – № 4(102). – С. 30-38.

15. Аппаратные средства нивелирования при разработке и очистке мелиоративных каналов / А. В. Миронов, А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина, О. А. Ступин // Агроинженерия. – 2021. – № 5(105). – С. 36-41. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-5-36-41.

16. Abdulmashidov, Kh. Analysis of the reclamation canal condition and cleaning methods / Kh. Abdulmashidov // E3S Web of Conferences: 1, Nalchik, 18 марта 2021 года – 19 2020 года. – Nalchik, 2021. – P. 01001. – DOI 10.1051/e3sconf/202126201001.

17. Abdulmashidov, Kh. Analysis of drainage canal defects and review of canal cleaner designs / Kh. Abdulmashidov // E3S Web of Conferences: 1, Nalchik, 18 марта 2021 года – 19 2020 года. – Nalchik, 2021. – P. 01002. – DOI 10.1051/e3sconf/202126201002.

18. Экспериментальные исследования модели ковша мелиоративного каналоочистителя РР-303 для зоны осушения / Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов, Н. Б. Мартынова, А. А. Макаров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2022. – № 5. – С. 20-25. – DOI 10.32962/0235-2524-2022-5-20-25.

References

1. Abdulmashidov, KH. A. Kompleksnoye proyektirovaniye i prochnostnyye raschety konstruksiy mashin prirodoobustroystva v sisteme Inventor Pro / KH. A. Abdulmashidov, A. S. Matveyev // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina". – 2016. – № 2(72). – S. 40-46.

2. Abdulmashidov, KH. A. Sovershenstvovaniye rabochego oborudovaniya kanaloochistitelya RR-303 / KH. A. Abdulmashidov // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego



professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina". – 2011. – № 2(47). – S. 58-60.

3. Karapetyan, M. L. Teoreticheskoye issledovaniye dinamiki rabocheho organa kanaloochistitelya RR-303 / M. L. Karapetyan, KH. L. Abdulmazhidov // Prirodoobustroystvo. – 2015. – № 2. – S. 78-80.

4. Telovov, N. K. Eksperimental'nyye issledovaniya fizicheskoy modeli rabocheho organa dvukhurovnevnogo glubokorykhlitelya / N. K. Telovov, KH. A. Abdulmazhidov // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina". – 2019. – № 3(91). – S. 22-27. – DOI 10.34677/1728-7936-2019-3-22-27.

5. Polevyeye ispytaniya eksperimental'noy kartofelesazhalki / G. Ye. Shardina, M. V. Karpov, Ye. S. Nesterov [i dr.] // Nauchnaya mysl'. – 2016. – № 5. – S. 59-65.

6. Spirin, YU. A. Uluchsheniye meliorativnogo sostoyaniya osushayemykh sel'skokhozyaystvennykh zemel' pol'dernogo massiva v Slavskom rayone Kaliningradskoy oblasti / YU. A. Spirin // Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii. – 2019. – № 1(33). – S. 39-54. – DOI 10.31774/2222-1816-2019-1-39-54.

7. Andreyeva, Ye. V. Tekhnika dlya remontno-ekspluatatsionnykh rabot na meliorativnykh sistemakh [Zemlyanyye raboty, okashivaniye i ochistka rusla, ukhod za gidrotekhnicheskimi sooruzheniyami v Belorussii] / Ye. V. Andreyeva // . – 2006. – № 3. – S. 757.

8. Pogodin, N. N. Malozatratnaya tekhnologiya ochistki ot zaileniya priust'yevoy chasti kollektornoy seti i vodopropusknykh sooruzheniy / N. N. Pogodin, A. S. Anzhenkov, V. A. Bolbyshko // Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo. – 2018. – № 4. – S. 43-46.

9. Fataliyev, N. G. Effektivnost' podderzhaniya meliorativnykh kanalov v ispravnom sostoyanii / N. G. Fataliyev, F. M. Magomedov, I. M. Melikov // Problemy razvitiya APK regiona. – 2012. – T. 10, № 2(10). – S. 123-127.

10. Tishchenko, A. I. Opredeleniye predel'nogo znacheniya usiliya vodnogo potoka, sposobstvuyushchego obrazovaniyu mestnykh deformatsiy v ruslakh meliorativnykh kanalov / A. I. Tishchenko // Ekologiya i vodnoye khozyaystvo. – 2020. – № 2(5). – S. 138-154. – DOI 10.31774/2658-7890-2020-2-138-154.

11. Modelirovaniye vodnogo rezhima pochv na polyakh meliorativnykh sistem dvoynogo regulirovaniya / V. N. Shchedrin, V. I. Korzhov, A. L. Kozhanov, V. B. Cheremisova // Melioratsiya i gidrotekhnika. – 2022. – T. 12, № 1. – S. 1-17. – DOI 10.31774/2712-9357-2022-12-1-1-17.

12. Shchedrin, V. N. Podkhody k formirovaniyu printsipov sozdaniya sovremennykh meliorativnykh sistem i ob'yektov / V. N. Shchedrin, V. I. Korzhov, A. A. Belousov // Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii. – 2020. – № 3(39). – S. 170-188. – DOI 10.31774/2222-1816-2020-3-170-188.

13. Linkevich, N. N. Eksploatatsionnyy kontrol' za sostoyaniyem kreplenykh otkosov gruntovykh sooruzheniy i beregovykh sklonov / N. N. Linkevich // Melioratsiya. – 2020. – № 3(93). – S. 23-34.

14. Rakitskiy, A. I. Gidravlicheskiy raschet otkrytogo kanala v srede HEC-RAS / A. I. Rakitskiy // Melioratsiya. – 2022. – № 4(102). – S. 30-38.

15. Apparathnyye sredstva nivelirovaniya pri razrabotke i ochistke meliorativnykh kanalov / A. V. Mironov, A. S. Apatenko, N. S. Sevryugina, O. A. Stupin // Agroinzheneriya. – 2021. – № 5(105). – S. 36-41. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-5-36-41.

16. Abdulmazhidov, Kh. Analysis of the reclamation canal condition and cleaning methods / Kh. Abdulmazhidov // E3S Web of Conferences: 1, Nalchik, 18 marta 2021 goda – 19 2020 goda. – Nalchik, 2021. – P. 01001. – DOI 10.1051/e3sconf/202126201001.

17. Abdulmazhidov, Kh. Analysis of drainage canal defects and review of canal cleaner designs / Kh. Abdulmazhidov // E3S Web of Conferences: 1, Nalchik, 18 marta 2021 goda – 19 2020 goda. – Nalchik, 2021. – P. 01002. – DOI 10.1051/e3sconf/202126201002.

18. Eksperimental'nyye issledovaniya modeli kovsha meliorativnogo kanaloochistitelya RR-303 dlya zony osusheniya / KH. A. Abdulmazhidov, V. I. Balabanov, N. B. Martynova, A. A. Makarov // Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo. – 2022. – № 5. – S. 20-25. – DOI 10.32962/0235-2524-2022-5-20-25.

Информация об авторе

Абдулмажидов Хамзат Арсланбекович, канд. техн. наук, доцент кафедры организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ, Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, hamzat72@mail.ru

Author information

Abdulmazhidov Khamzat A., Cand. techn. Ph.D., Associate Professor of the Department of Organization and Technologies of Hydromelioration and Construction Works, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

Статья поступила в редакцию 12.04.2023; одобрена после рецензирования 14.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 12.04.2023; approved after reviewing 14.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.171
DOI: 10.36508/RSATU.2023.96.86.012

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ СКАНИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА МАШИНЫ
ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ СОЛОМЫ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ**

Богданчиков Илья Юрьевич¹✉, Борычев Сергей Николаевич²

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

¹ mc62@mail.ru
² university@rgatu.ru

Аннотация

Проблема и цель. Рост урожайности зерновых приводит к увеличению объемов побочной продукции – незерновой части урожая, в частности соломы. Возникает проблема с освобождением полей от незерновой части урожая для беспрепятственной работы последующих машинно-тракторных агрегатов и выполнения технологического процесса. В ранее разработанной машине для утилизации соломы были выявлены технические недостатки сканирующего устройства и предложена его новая конструкция. Цель исследования – испытание работы сканирующего устройства новой конструкции в полевых условиях.

Методология. Оценку работы сканирующего устройства производили сравнением полученных данных с данными, полученными при помощи профиломера, с допустимой погрешностью не более 5 %. Испытываемое сканирующее устройство размещали спереди трактора перед догружающими противовесами на расстоянии 1,0 м от поверхности поля; расположение боковых дальномеров регулировалось таким образом, чтобы проводить измерения по краям валка. Трактор двигался по валку длиной 100 м. со средней скоростью 7,5 км/ч (2,08 м/с); полученные значения записывались в текстовый файл для последующей обработки в программе Microsoft Excel. **Результаты.** Определены условия для принятия допущения в описании формы профиля валка в аналитическом блоке. При условии $L_1=L_2=L_3$ форма профиля валка принимается в виде прямоугольника, а при условии $L_1>L_2<L_3$ форма профиля валка принимается в виде половины эллипса, что на 29 % точнее, чем описание в виде треугольника. Сканирующее устройство новой конструкции позволяет работать на валках шириной 0,6-2,3 м., с точностью $\pm 0,01$ м.

Заключение. Полевые испытания сканирующего устройства показали его работоспособность с заданной точностью. Сравнение данных по измерению профиля валка, полученных сканирующим устройством с данными, полученными при помощи профиломера, не превышают 0,01 м, что соответствует предъявляемому требованию. Полученные данные позволили усовершенствовать алгоритм работы аналитического блока введением дополнительного условия для принятия допущения по форме профиля валка.

Ключевые слова: незерновая часть урожая, валок, профиль, солома, утилизация, удобрение, сканирующее устройство, дальномер

Для цитирования: Богданчиков И.Ю., Борычев С.Н. Результаты полевых испытаний сканирующего устройства машины для утилизации соломы в качестве удобрения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №2 С. 82-87 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.96.86.012>

Original article

RESULTS OF FIELD TESTS OF SCANNING DEVICE OF MACHINE FOR DISPOSAL OF STRAW AS FERTILIZER

Bogdanchikov Ilya Yu.¹✉, Borychev Sergey N. ²

^{1,2} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

¹ mc62@mail.ru
² university@rgatu.ru

© Богданчиков И.Ю., Борычев С.Н., 2023 г.



Abstract.

Problem and purpose. The increase in grain yield leads to an increase in the volume of by-products of the immature part of the crop, in particular straw. There is a problem with the liberation of fields from the immature part of the crop for the unhindered operation of subsequent machine-tractor units and the execution of the technological process. In a previously developed straw disposal machine, technical shortcomings of the scanning device were identified and an egon design was proposed. The purpose of the study is to test the operation of the scanning device of a new design in the field.

Methodology. The operation of the scanning device was evaluated by comparing the obtained data with the data obtained using a profiler with a permissible error of not more than 5%. The tested scanning device was placed in front of the tractor in front of the loading counterweights at a distance of 1.0 m from the field surface, the location of the side rangefinders was adjusted so as to take measurements at the edges of the roll. The tractor moved along a 100 m roll at an average speed of 7.5 km/h (2.08 m/s), the values were recorded in a text file for subsequent processing in Microsoft Excel.

Results. The conditions for accepting the assumption in the description of the shape of the roll profile in the analytical block are determined. Under the condition $L_1 = L_2 = L_3$, the shape of the roll profile is taken as a rectangle, and under the condition $L_1 > L_2 < L_3$, the shape of the roll profile is taken as a half ellipse, which is 29% more accurate than the description in the form of a triangle. The scanning device of the new design allows you to work on rolls 0.6... 2.3 m wide, with an accuracy of $\pm 0,01$ m.

Conclusion. Field tests of the scanning device showed its performance with a given accuracy. Comparison of the obtained data of measuring the profile of the roll by the scanning device with the data obtained using a profiler does not exceed 0.01 m, which meets the requirement. The obtained data made it possible to improve the algorithm of the analytical unit by introducing an additional condition for making an assumption on the shape of the roll profile.

Key words: non-grain part of crop, roll, profile, straw, utilization, fertilizer, scanning device, rangefinder

For citation: Bogdanchikov I.Y., Borychev S.N. Results of field tests of scanning device of machine for disposal of straw as fertilizer // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2, P.82-87 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.96.86.012>

Введение

С каждым годом в нашей стране увеличивается сбор урожая зерновых культур [1, 2, 3], что также сопровождается ростом объемов производимой побочной продукции – незерновой части урожая, большую часть которой составляет солома. На рисунке 1 показана динамика урожая зерновых и зернобобовых культур (зерно) и побочной продукции – соломы (при средней соломистости – 1,35 [4]). В прогнозе, с вероятностью более 87 %, в 2023 году урожай зерновых превысит 160 млн т., а соломы 207 млн т. Поэтому всё большую актуальность приобретают технические решения для эффективной утилизации соломы, так как позволяют решить проблему с освобождением поля от незерновой части урожая для беспрепятственной работы последующих машинно-тракторных агрегатов [5-9].

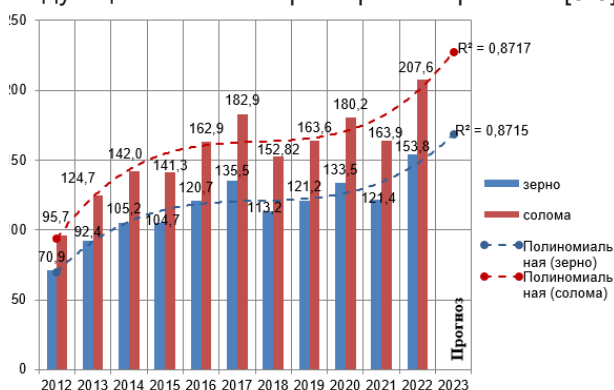
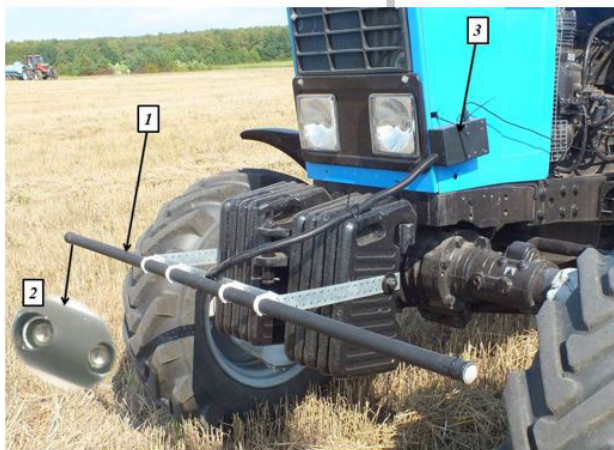


Рис. 1 – Динамика урожая зерновых и зернобобовых культур (зерно) и побочной продукции незерновой части урожая (солома) в РФ

Fig. 1 – Dynamics of grain and leguminous crops (grain) and by-products of the non-grain part of the crop (straw) in the Russian Federation

В рамках выполнения НИР в ФГБОУ ВО РГА-ТУ была разработана машина для эффективной утилизации соломы в качестве удобрения [7, 8]. Одним из элементов конструкции данной машины является комплекс для дифференцированного внесения рабочего раствора биопрепарата-деструктора в измельченную растительную массу, который состоит из сканирующего устройства, преобразователя сигнала, аналитического блока и исполнительного механизма. Ранее проведенные исследования [7, 9, 10, 11] показали, что предлагаемая методика сканирования валка соломы работает, однако техническое исполнение сканирующего устройства [10,11] требует доработки. Так, например, сканирующее устройство [10, 11] имеет ограничение по рабочей ширине – 1,5 м (соответственно его использование на валках отличной ширины невозможно); расположение преобразователя сигналов вне кабины трактора (рис. 2) приводило к загрязнению и снижению точности измерения; установка дальномеров в закрытом корпусе приводила к искажению сигнала и увеличению ошибки измерения. С учётом полученного опыта было изготовлено сканирующее устройство новой конструкции (рис. 3), которая предусматривает возможность изменения рабочей ширины захвата от 0,6 до 2,3 м (ширина захвата валкового измельчителя составляла 2,3 м), преобразователь сигнала располагается в кабине трактора и соединяется кабелем через розетку 8P8C со сканирующим устройством, корпус сканирующего устройства обеспечивает открытое расположение дальномеров.

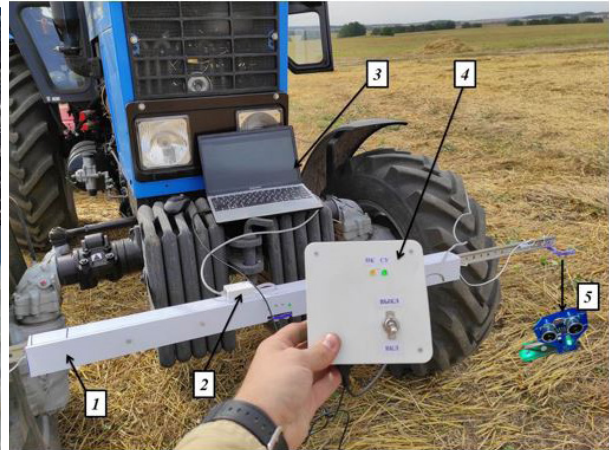
Целью проводимого исследования были испытания работы сканирующего устройства новой конструкции в полевых условиях.



1 – сканирующее устройство; 2 – дальномер; 3 – преобразователь сигнала

Рис. 2 – Сканирующее устройство образца 2019 года

1 – scanning device; 2 – rangefinder; 3 – signal converter
Fig. 2 – Scanning device of the 2019 sample



1 – сканирующее устройство; 2 – розетка 8P8C; 3 – ноутбук с установленной программным обеспечением (аналитический блок); 4 – преобразователь сигнала; 5 – дальномер

Рис. 3 – Сканирующее устройство нового образца
1 – scanning device; 2 – 8P8C socket; 3 – laptop with installed software (analytical unit); 4 is a signal converter; 5 – rangefinder

Fig. 3 – Scanning device of the new sample

Методика

Исследование проводилось на полях учебно-научного инновационного центра «Агротехнопарк» Рязанского района Рязанской области в 2020-2022 гг. при утилизации валков соломы ярового овса (сорт «Скаун») и ярового ячменя (сорт «Владмир»). Валки формировались зерноуборочными комбайнами Acros 595 Plus и Палессе GS1218.

Исследовались валки различной ширины в диапазоне 0,6-2 м на расстоянии 100 м. При помощи профиломера, который устанавливался поперёк измеряемого валка с центровкой по шестой рейке (всего 11 реек, с расстоянием 0,2 м друг от друга), линейкой измеряли высоту валка (расстояние от почвы до верхней границы валка) в 11 точках. Измерения проводились с десятикратной повторностью с интервалом измерения 10 м и точностью измерения ± 1 см. Обработку производили в программе Microsoft Excel.

Оценку работы сканирующего устройства производили сравнением опытных данных с данными, полученными при помощи профиломера, с допустимой погрешностью не более 5 %. Испытуемое сканирующее устройство размещали спереди трактора перед догружающими противовесами

на расстоянии 1,0 м от поверхности поля (рис. 3); расположение боковых дальномеров регулировалось таким образом, чтобы проводить измерения по краям валка. Трактор двигался по валку длиной 100 м со средней скоростью 7,5 км/ч (2,08 м/с), полученные значения записывались в текстовый файл для последующей обработки.

Результаты и обсуждение

В ходе проведённых исследований было определено, что профиль валка соломы можно описать в виде прямоугольника, половины эллипса или треугольника (рис. 4). Если профиль валка представляет собой фигуру, близкую к прямоугольнику, то дальномеры сканирующего устройства показывают:

$$L_1=L_2=L_3, \tag{1}$$

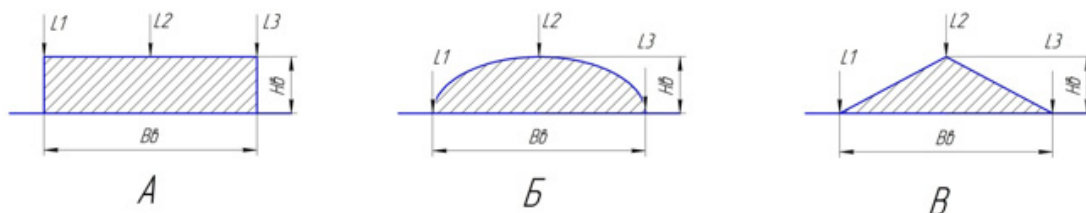
где L_1, L_3 – расстояния от дальномера до валка по его краям (боковые дальномеры), м;

L_2 – расстояние от дальномера до центральной части валка (центральный дальномер), м.

В случаях, когда дальномеры сканирующего устройства показывают:

$$L_1>L_2<L_3, \tag{2}$$

форма профиля валка может быть описана как половиной эллипса, так и треугольником (рис.4).



А – прямоугольник; Б– половина эллипса; В – треугольник; H_0 – высота валка; B_0 – ширина валка; L_1, L_2, L_3 – измерение расстояния от дальномера сканирующего устройства до валка.

Рис. 4 – Фигуры, которыми можно описать профиль валка
a – rectangle; b is half an ellipse; c – triangle; H_0 – roll height; B_0 - roll width; L_1, L_2, L_3 – measurement of the distance from the range finder of the scanning device to the roll.

Fig. 4 – Figures by which the roll profile can be described



Рассчитаем, какую из этих двух фигур выбрать для упрощенного представления профиля валка, для этого посчитаем площадь профиля:

$$S_{\Delta} = \frac{B_B \cdot H_B}{2} = \frac{B_B \cdot ((L_1 + L_3) - L_2)}{2}, \quad (3)$$

где S_{Δ} – площадь профиля валка, описанная треугольником, м².

Площадь профиля валка, описанная половиной эллипса:

$$S_{\text{в} \curvearrowright} = \frac{\pi \cdot B_B \cdot H_B}{4}, \quad (4)$$

где $S_{\text{в} \curvearrowright}$ – площадь профиля валка описанная эллипсом, м².

Учитывая, что входное окно сельскохозяйственных машин, работающих по валку, имеют прямоугольную форму, найдём разницу площади валка, описанную фигурами а, б, в (рис. 4):

$$S_{\Delta} = B_B \cdot H_B - \frac{B_B \cdot H_B}{2}, \quad (5)$$

где S_{Δ} – площадь профиля валка, которая не учитывается при представлении его в виде треугольника, м².

$$S_{\text{в} \curvearrowright} = B_B \cdot H_B - \frac{\pi \cdot B_B \cdot H_B}{4} = B_B \cdot H_B \cdot (1 - \frac{\pi}{4}) = 0,21 \cdot B_B \cdot H_B,$$

где $S_{\text{в} \curvearrowright}$ – площадь профиля валка, которая не

учитывается при представлении его в виде эллипса, м².

Таким образом, видим, что описание профиля половиной эллипса на 29 % точнее, чем в виде треугольника.

В алгоритм работы аналитического блока внесены уточнения: так, в случае если показатели всех дальномеров не отличаются друг от друга более чем на 5 %, считается, что выполняется условие (1) и профиль валка будет описываться в виде прямоугольника. При выполнении условия (2) профиль валка описывается половиной эллипса.

Интересно, что данные, поступающие от дальномеров сканирующего устройства, представляют профиль валка в перевернутом виде (рис. 5 А₁ и Б₁), для преобразования данных используется выражение:

$$H_B = L - \frac{(L_1 + L_2 + L_3)}{3}, \quad (7)$$

где L – расстояние от поверхности земли до сканирующего устройства, м (в опыте L=1 м), при условии (2):

$$H_B = \frac{(L_1 + L_3)}{2} - L_2, \quad (8)$$

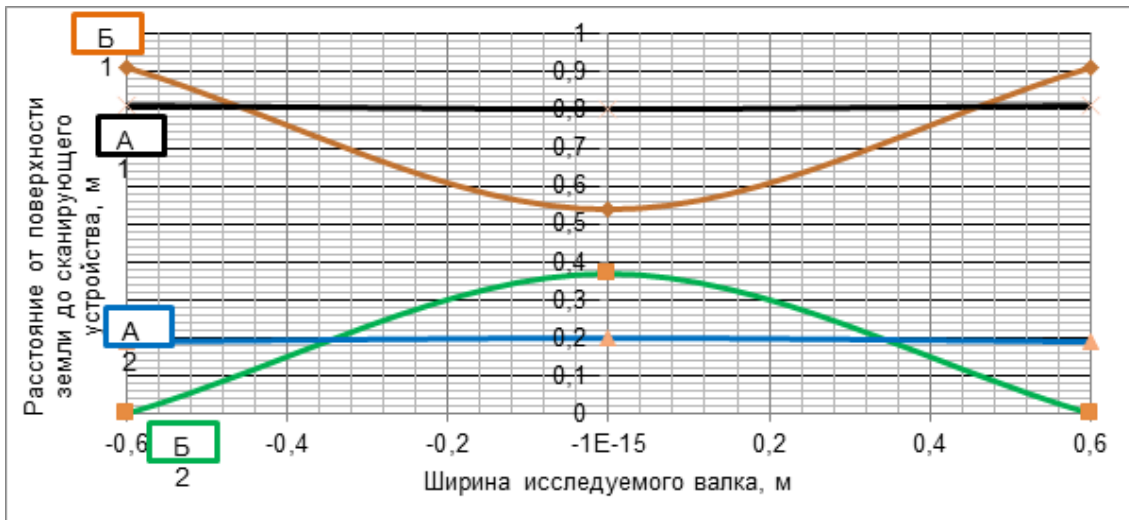


Рис. 5 – профиль валка соломы ($B_B=1,2$ м), построенный по данным сканирующего устройства; А1 до преобразования, А2 после преобразования при соблюдении условия (1) и Б1 до преобразования, Б2 после преобразования при соблюдении условия (2)

Fig. 5 – straw roll profile ($B_B = 1.2$ m), based on scanning device data, А1 before conversion, А2 after conversion under condition (1) and Б1 before conversion, Б2 after conversion under condition (2)

На рисунке 6 показан результат работы сканирующего устройства, полученные данные представлены в виде графика. На графике хорошо видно, как на 85-м метре исследуемого валка форма профиля меняется с половины эллипса на прямоугольник (выполняется условие (1)). На 78-м метре валка видно как боковые датчики показали 1, что свидетельствует о том, что ширина валка стала меньше первоначально заданной.

Отклонения значений не превышают 5 %, что

свидетельствует о высокой точности работы сканирующего устройства.

На рисунке 7 представлен профиль валка ($B_B=2$ м), полученный при помощи профиломера (11 точек измерения) и при помощи сканирующего устройства (3 точки измерения). Видно, что отклонения не превышают 0,01 м, что свидетельствует о высокой точности работы данного устройства (погрешность не превышает 5 %)

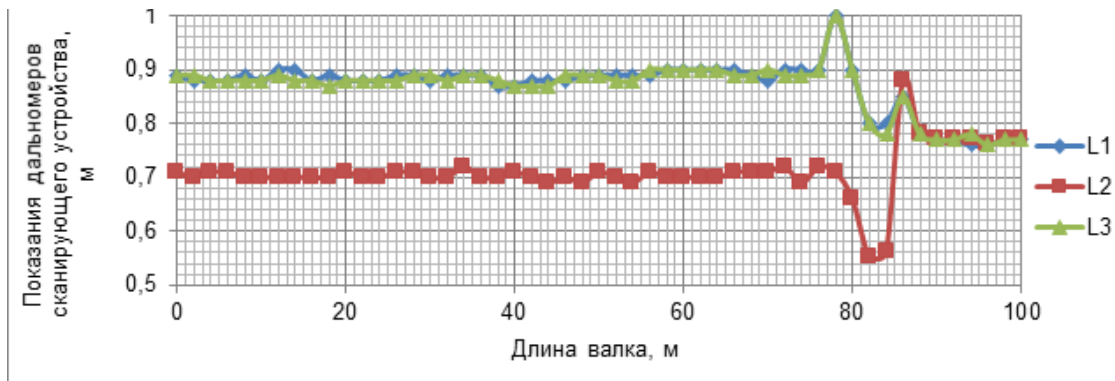


Рис. 6 – Показатели дальномеров сканирующего устройства на исследуемом валке (Вв=2 м)
Fig. 6 – Indicators of range finders of the scanning device on the studied roll (Вв = 2 м)

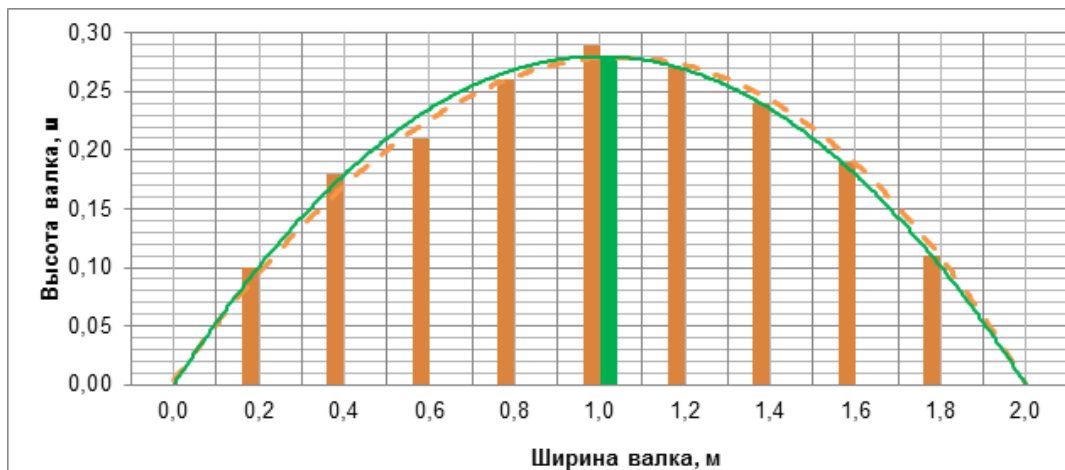


Рис. 7 – Профиль валка (Вв=2 м), полученный при помощи профиломера (11 точек измерения) и сканирующего устройства (3 точки измерения и принятое допущение согласно условию (2))
Fig. 7 – Roll profile (Вв=2 м) obtained using a profiler (11 measurement points) and a scanning device (3 measurement points and the accepted assumption according to condition (2))

Заключение

Полевые испытания сканирующего устройства показали его работоспособность с заданной точностью. Разность данных, полученных измерением профиля валка сканирующим устройством и данных, полученных при помощи профиломера, не превышает 0,01 м, что соответствует предъявляемому требованию. Полученные данные позволили усовершенствовать алгоритм работы аналитического блока введением дополнительного условия для принятия допущения по форме профиля валка.

Список источников

1. Стратегическое планирование развития отечественного зернового производства в условиях укрепления продовольственной безопасности России и эскалации нестабильности глобальных рынков / А. В. Котарев, С. В. Куксин, И. Н. Василенко, Д. В. Шайкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 181. – С. 398-420.
2. Петухова, М.С. Системный подход к прогнозированию научно-технологического развития зернового производства / М.С. Петухова // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 1. – С. 11-16.
3. Романенко, И. А. Сценарное прогнозирование производства зерновых культур в регионах России в зависимости от экстремальных климатических параметров / И. А. Романенко, Н. Е. Евдокимова // Эконо-

мика сельского хозяйства России. – 2021. – № 3. – С. 81-87.

4. Коэффициенты пересчета зерна и семян в побочную продукцию и содержание основных элементов питания в побочной продукции сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, О. М. Бирюкова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 2(57). – С. 78-89.

5. Повышение эффективности использования соломы в качестве удобрения сельскохозяйственных культур / Р. А. Булавинцев, И. В. Коношин, А. В. Волженцев [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 8. – С. 13-18.

6. Шахова, О.А. Научные основы перехода на органическое земледелие в Западной Сибири / О. А. Шахова // Агропродовольственная политика России. – 2020. – № 5. – С. 21-24.

7. The Results of Studying the Effects of Biological Products on Accelerating the Decomposition of the not Grain Part of the Crop / Bogdanchikov I.Yu., Byshov N.V., Bachurin A.N., Esenin M.A., Tkacheva M.A. // BIO Web of Conferences 2019, 2020, 17, 00085.

8. Ряднов, А. И. Совершенствование методики выбора зерноуборочных комбайнов / А. И. Ряднов, О. А. Федорова, О. И. Поддубный // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – №



2(38). – С. 163-178.

9. Use of straw in organic farming / I.Yu. Bogdanchikov, N.V. Byshov, A.N. Bachurin, M.A. Yesenin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 624(1), 012220.

10. Богданчиков, И. Ю. Испытания сканирующего устройства агрегата для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения / И. Ю. Богданчи-

ков // Техническое обеспечение сельского хозяйства. – 2019. – № 1(1). – С. 20-24.

11. Bogdanchikov, I.Y. Digital technology for the disposal of the non-cereal portion of the crop as fertilizer / I.Y. Bogdanchikov, V. A. Romanchuk // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020. – 421, 42008.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Strategicheskoe planirovanie razvitiya otechestvennogo zernovogo proizvodstva v usloviyah ukrepleniya prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii i eskalacii nestabil'nosti global'nyh rynkov / A. V. Kotarev, S. V. Kuksin, I. N. Vasilenko, D. V. SHajkin // Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 181. – S. 398-420. – DOI 10.21515/1990-4665-181-029.

2. Petuhova, M.S. Sistemnyj podhod k prognozirovaniyu nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya zernovogo proizvodstva / M.S. Petuhova // Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii. – 2021. – № 1. – S. 11-16.

3. Romanenko, I. A. Scenarnoe prognozirovaniye proizvodstva zernovykh kul'tur v regionah Rossii v zavisimosti ot ekstremal'nykh klimaticheskikh parametrov / I. A. Romanenko, N. E. Evdokimova // Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii. – 2021. – № 3. – S. 81-87.

4. Koeffitsienty perescheta zerna i semyan v pobochnuyu produkciyu i sodержание osnovnykh elementov pitaniya v pobochnoj produkcii sel'skohozyajstvennykh kul'tur v Respublike Belarus' / E. N. Bogatyreva, T. M. Seraya, O. M. Biryukova [i dr.] // Pochvovedenie i agrohimiya. – 2016. – № 2(57). – S. 78-89.

5. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya solomy v kachestve udobreniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur / R. A. Bulavincev, I. V. Konoshin, A. V. Volzhencev [i dr.] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2020. – № 8. – S. 13-18.

6. SHahova, O.A. Nauchnye osnovy perekhoda na organicheskoe zemledelie v Zapadnoj Sibiri / O. A. SHahova // Agroprodovol'stvennaya politika Rossii. – 2020. – № 5. – S. 21-24.

7. The Results of Studying the Effects of Biological Products on Accelerating the Decomposition of the not Grain Part of the Crop / Bogdanchikov I.Yu., Byshov N.V., Bachurin A.N., Esenin M.A., Tkacheva M.A. // BIO Web of Conferences 2019, 2020, 17, 00085.

8. Ryadnov, A. I. Sovershenstvovanie metodiki vybora zernouborochnykh kombajnov / A. I. Ryadnov, O. A. Fedorova, O. I. Podubnyj // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. – 2020. – № 2(38). – S. 163-178.

9. Use of straw in organic farming / I.Yu. Bogdanchikov, N.V. Byshov, A.N. Bachurin, M.A. Yesenin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 624(1), 012220.

10. Bogdanchikov, I. YU. Ispytaniya skaniruyushchego ustrojstva agregata dlya utilizacii nezernovoj chasti urozhaya v kachestve udobreniya / I. YU. Bogdanchikov // Tekhnicheskoe obespechenie sel'skogo hozyajstva. – 2019. – № 1(1). – S. 20-24..

11. Bogdanchikov, I.Y. Digital technology for the disposal of the non-cereal portion of the crop as fertilizer / I.Y. Bogdanchikov, V. A. Romanchuk // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020. – 421, 42008

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

Богданчиков Илья Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, mc62@mail.ru

Борычев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, первый проректор, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, university@rgatu.ru

Author information

Bogdanchikov Ilya Yu., Cand. Tech. Sciences, associate professor, associate professor «Operation of the machine and tractor park», Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, mc62@mail.ru

Borychev Sergey N., Dr. technical Sciences, Professor, First Vice-Rector Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, university@rgatu.ru

Статья поступила в редакцию 07.04.2023; одобрена после рецензирования 16.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 07.04.2023; approved after reviewing 16.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №2, с. 88-102
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №2, pp. 88-102

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.363:636.086.5
DOI: 10.36508/RSATU.2023.63.54.013

КОНСТРУКЦИЯ ДВУХБАРАБАННОЙ ДРОБИЛКИ ДЛЯ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА

Сергей Владимирович Вендин¹, Юрий Васильевич Саенко²✉, Марина Александровна Семернина³

^{1, 2, 3} Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, п. Майский, Россия

¹elapk@mail.ru

²yuriy311300@mail.ru

³marinasemernina@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Для хорошего физического развития и высоких показателей продуктивности животных необходимо обеспечить их качественными кормами. При промышленном содержании животных им выдают только концентрированные корма. Пищеварительная система животных в процессе эволюции приспособилась к потреблению питательных веществ, которые заключены в зеленых кормах. Одним из наиболее дешевых способов обогатить корма естественными витаминами является добавление в рацион кормления пророщенного зерна. При подготовке кормовых смесей необходимо в них равномерно распределить все ингредиенты. Чтобы образовать смесь, в состав которой входят комбикорм и пророщенное зерно, необходимо осуществить измельчение пророщенного зерна до размеров частиц комбикорма, после чего осуществить перемешивание. Для сохранности смеси из комбикорма и пророщенного зерна необходимо обеспечить её влажность не более 14 %. Приведено устройство дробилки пророщенного зерна с двумя видами измельчителей: молотки и ножи, которые размещены в одной камере. В статье представлен порядок определения размеров частиц пророщенного зерна с использованием сита. Приведены результаты наблюдения измельченного ростка и зерновки под микроскопом. Отмечены края ростков, которые срезаны ножами. Поэтому очевидна целесообразность применения в одной камере измельчения двух видов измельчителей – молотков и ножей. Целью исследований являлось определение влияния конструктивных и режимных параметров двухбарабанной дробилки на модуль помола и энергоёмкость процесса измельчения пророщенного зерна.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели была изготовлена двухбарабанная дробилка, с помощью которой осуществляли измельчение пророщенного зерна. Зерновку измельчали молотками, а ростки – ножами. Измельчение осуществляли до конечных размеров 0,9-1,4 мм. **Результаты.** По результатам проведенной работы выявлена взаимосвязь энергоёмкости дробления зерновки и резания ростков на степень измельчения пророщенного зерна. При помощи ситового сита получено разделение на фракции измельченных частиц, произведенных при работе на предложенной дробилке.

Заключение. Рассмотрены результаты исследований по определению влияния энергоёмкости процесса на степень измельчения пророщенного зерна. Измельчение осуществляли в комбинированной дробильной камере. Зерновку измельчали молотками, а ростки измельчали ножами.

Ключевые слова: боковая загрузка, дробильная камера, энергоёмкость, степень измельчения, нож

Для цитирования: Вендин С.В., Саенко Ю.В., Семернина М.А. Конструкция двухбарабанной дробилки для измельчения пророщенного зерна // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №2. С. 88-102 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.63.54.013](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.63.54.013)



Original article

DESIGN OF A DOUBLE-DRUM CRUSHER FOR GRINDING SPROUTED GRAIN

Sergey Vendin¹, Yuri Saenko² ✉, Marina A. Semernina³

^{1, 2, 3} Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, p. Maysky, Russia

¹elapk@mail.ru

²yuriy311300@mail.ru

³marinasemernina@mail.ru

Abstract.

The problem and the goal. For good physical development and high productivity of animals, it is necessary to provide them with high-quality feed. When animals are kept industrially, they are given only concentrated feed. The digestive system of animals in the process of evolution has adapted to the consumption of nutrients that are contained in green feeds. One of the cheapest ways to enrich the feed with natural vitamins is to add sprouted grain to the diet. When preparing feed mixtures, it is necessary to evenly distribute all the ingredients in them. To form a mixture, which includes compound feed and sprouted grain, it is necessary to grind the sprouted grain to the size of the feed particles, after which mixing is carried out. To preserve the mixture of mixed feed and sprouted grain, it is necessary to ensure its moisture content of no more than 14%. The device of a sprouted grain crusher with two types of grinders is given: hammers and knives, which are placed in one chamber. The article presents the procedure for determining the particle sizes of sprouted grain using sieving. The results of observation of a crushed sprout and a grain under a microscope are presented. The edges of the sprouts that are cut with knives are marked. Therefore, it is obvious that it is advisable to use two types of shredders in one grinding chamber – hammers and knives.

The aim of the research was to determine the influence of the design and operating parameters of a two-drum crusher on the grinding module and the energy intensity of the grinding process of sprouted grain.

Materials and methods. To achieve this goal, a two-drum crusher was manufactured, with the help of which the sprouted grain was crushed. The grain was crushed with hammers, and the sprouts were crushed with knives. Grinding was carried out to the final dimensions of 0.9-1.4 mm.

Results. According to the results of the work carried out, the relationship between the energy intensity of crushing grain and cutting sprouts on the degree of grinding of sprouted grain was revealed. With the help of sieve sieving, the separation into fractions of crushed particles produced when working on the proposed crusher was obtained.

Conclusion. The results of studies to determine the energy intensity of the process for the degree of grinding of sprouted grain are considered. Grinding was carried out in a combined crushing chamber. The grain was crushed with hammers, and the sprouts were crushed with knives.

Key words: side loading, crushing chamber, energy intensity, degree of grinding, knife.

For citation: Vendin S.V., Saenko Yu.V., Semernina M.A. Design of a double-drum crusher for grinding sprouted grain // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2. P. 88-102. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.63.54.013>

Введение

Современные тенденции развития животноводства и птицеводства направлены на получение экологически чистой продукции. Экологическая чистота продукции может быть получена в условиях выдачи натуральных кормов. В естественной среде обитания животные и птица потребляют зеленые корма, которые богаты натуральными витаминами [1, 2, 3]. Следует отметить, что зеленые корма без необходимых обработок не могут длительно храниться без потери кормовых качеств. С целью улучшения технологических свойств в современных свиноводческих и птицеводческих комплексах выдают сухие комбикорма. Чтобы компенсировать отсутствие естественных витаминов, их заменяют искусственными. Для наполнения рациона кормления натуральными витаминами, макро- и микроэлементами необходимо в комбикорма добавлять пророщенное зерно ячменя.

На комбикормовом заводе размещают линию, которая осуществляет проращивание и последующую подготовку к скармливанию зерна. Техно-

логическая линия представляет собой последовательно установленное оборудование, которое осуществляет проращивание зерна, его последующую сушку, а затем измельчение [4, 5]. Подготовленное таким образом пророщенное зерно добавляют в комбикорм, перемешивают и транспортируют на ферму. Затем при помощи кормораздатчиков смесь подают в кормушки.

Пророщенное зерно, являющееся кормовой добавкой, представляет собой неоднородную массу, которую необходимо измельчить. Масса состоит из более плотных и тяжелых зерновок, а также ростков, которые обладают меньшей плотностью и имеют волокнистую структуру. Многие ученые, которые занимались проблемой измельчения кормов, в своих трудах указывали: чтобы измельчить зерновку, необходимо применить молоток, а для измельчения стебельных кормов применять нож. Особенность при измельчении пророщенного зерна состоит в том, что ростки и зерновку, которые изначально скреплены, необходимо разделить и направить на разные типы рабочих органов. В

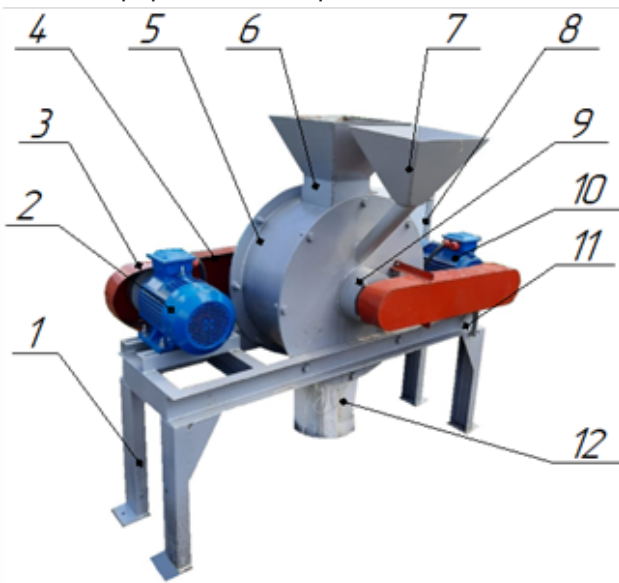


предложенной дробилке ножи и молотки расположены на двух барабанах, которые установлены соосно в одной камере. Ножи размещены на внутреннем барабане, а молотки установлены на внешнем барабане. При выполнении процесса измельчения пророщенного зерна вращение обоих барабанов организовано в одном направлении. Внешний и внутренний барабаны вращают при помощи двух электродвигателей посредством ременных передач [5, 6, 7].

Основная часть

Экспериментальная дробилка пророщенного зерна изображена на рисунке 1 [6].

На рисунке 2 представлена дробилка с загруженным пророщенным зерном.



- 1 – Опора; 2 – электродвигатель для привода внешнего барабана; 3 – кожух защитный;
- 4 – передача ременная; 5 – камера дробильная;
- 6 – бункер центральный; 7 – бункер боковой;
- 8 – шкаф управления; 9 – узел подшипниковый;
- 10 – электродвигатель для привода внутреннего барабана; 11 – рама; 12 – рукав выгрузной
- 1 - Support; 2 - electric motor for driving the outer drum; 3 - protective casing;
- 4 - belt drive; 5 - crushing chamber;
- 6 - central bunker; 7 - side bunker; 8 - control cabinet;
- 9 - bearing assembly;
- 10 - electric motor to drive the inner drum; 11 - frame;
- 12 - unloading sleeve

Рис. 1 – Экспериментальная дробилка пророщенного зерна

Fig. 1 – Experimental Sprouted Grain Crusher

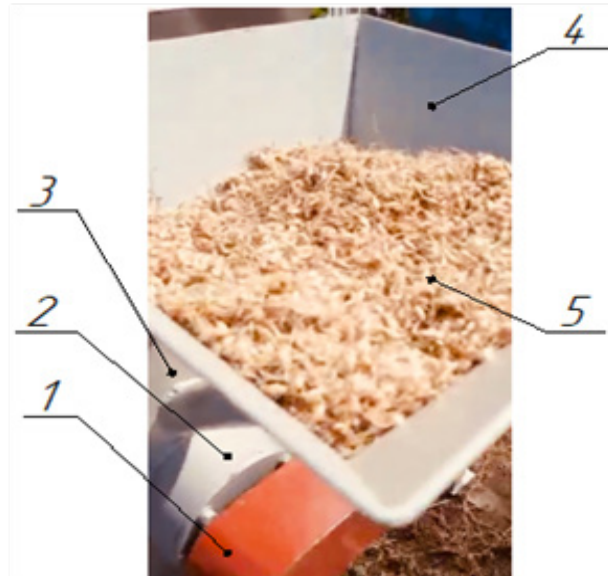
На рисунке 3 изображена дробильная камера с двумя измельчающими барабанами [4, 6]. В представленной дробильной установке для подачи измельчаемого материала в дробильную камеру применена боковая загрузка. Подающая труба соединяет загрузочный бункер с центром измельчающей камеры. Измельчающие барабаны смонтированы в одной камере измельчения так, что оси их вращения и направления вращения совпадают. На барабане большего диаметра установлены мо-

лотки, а на барабане меньшего диаметра – ножи.

Установленная внутри дробильной камеры дека позволяет снижать скорость движения измельчаемой массы, повышает внутреннее напряжение в пророщенном зерне и способствует его измельчению. С помощью сменных решет осуществляется регулировка размера конечных частиц измельченного пророщенного зерна. С торцевых сторон камеры измельчения установлены корпуса с подшипниками, которые от попадания примесей закрыты манжетами.

Работа дробилки пророщенного зерна происходит так. При помощи магнитного пускателя включаем один дробильный барабан с молотками. После того как дробильный барабан вышел на рабочую частоту вращения аналогично запускаем второй привод для ножевого барабана. После того как ножевой барабан набрал рабочую частоту вращения, в загрузочный бункер загружаем пророщенное зерно. С помощью дозирующей заслонки подаем пророщенное зерно через магнитный сепаратор в дробильную камеру. Подачу пророщенного зерна осуществляем из бункера с помощью подающей трубы, в центр комбинированной дробильной камеры.

Пророщенное зерно представляет собой соединенные зерновку и росток, которые сразу легко разделяются за счет удара измельчающими рабочими органами. В процессе вращения измельчающие барабаны создают воздушный поток, который направлен от середины к боковой части камеры измельчения. После разделения пророщенного зерна зерновки и ростки подхватываются потоком воздуха и перемещаются от центра к боковой поверхности.



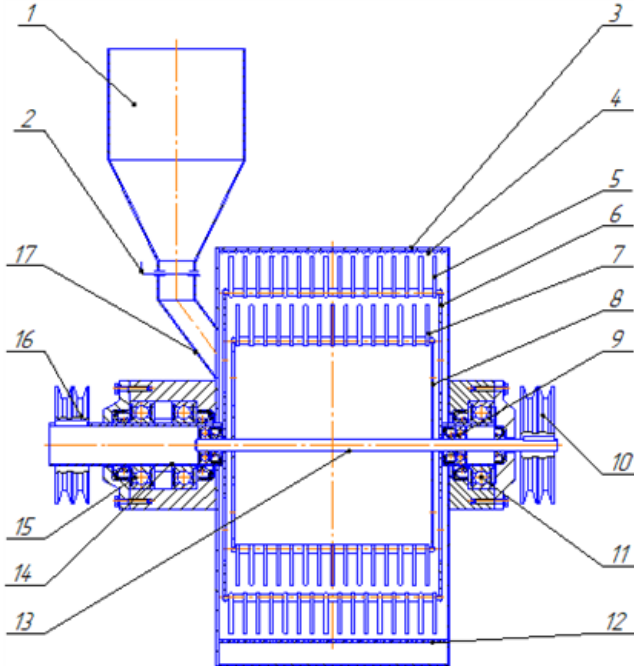
- 1 – кожух защитный; 2 – корпус подшипника;
- 3 – камера дробильная; 4 – бункер боковой;
- 5 – зерно пророщенное
- 1 - protective casing; 2 - bearing housing;
- 3 - crushing chamber; 4 - side bunker;
- 5 - germinated grain

Рис. 2 – Дробилка с пророщенным зерном

Fig. 2 – Crusher with sprouted grain



Учитывая, что зерновки и ростки отличаются по плотности и массе, первые обладают большими значениями плотности и массы, им сообщается большая кинетическая энергия, поэтому летят они дальше, образуют вращающийся кольцевой слой и взаимодействуют с молотками. Ввиду меньшей массы и плотности росткам сообщается меньшая кинетическая энергия, поэтому они летят на меньшее расстояние и размещаются в кольцевом слое, расположенном ближе к центру камеры измельчения, и взаимодействуют с ножами.



- 1 – Бункер загрузочный; 2 – заслонка дозирующая;
- 3 – камера дробильная комбинированная; 4 – дека;
- 5 – молоток; 6 – внешний дробильный барабан;
- 7 – нож; 8 – ножевой барабан; 9 – внутренний подшипник; 10 – шкив; 11 – внешний подшипник;
- 12 – решето; 13 – вал внутренний; 14 – вал внешний;
- 15 – подшипник внешний; 16 – шкив; 17 – труба подающая

1 - Loading bunker; 2 - dosing damper; 3 – combined crushing chamber; 4 - deck;

- 5 - hammer; 6 – external crushing drum; 7 - knife;
- 8 - knife drum; 9 - inner bearing; 10 - pulley; 11 - external bearing; 12 - sieve; 13 - internal shaft; 14 - external shaft;
- 15 - external bearing; 16 - pulley; 17 - supply pipe

Рис. 3 – Комбинированная дробильная камера
Fig. 3 – Combined Crushing chamber

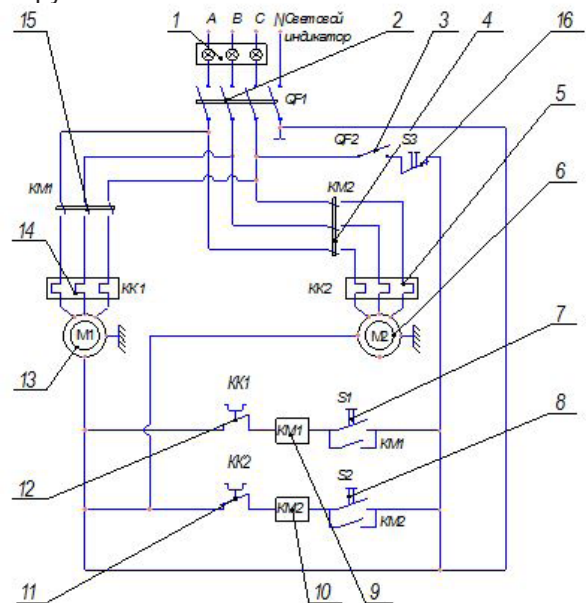
Измельчение зерновок осуществляют молотками и ножами так, чтобы их размер стал меньше, чем размер отверстия решета. По мере удаления из камеры измельченных зерновок на их место будут поступать ростки, которые за счет центробежных сил и воздушного потока через отверстия решета также будут удаляться из камеры измельчения.

Таким образом, предложенное использование в качестве рабочих органов молотков и ножей, расположенных соответственно на внешнем и внутреннем барабанах в одной камере измель-

чения, позволит добиться повышения конечной однородности пророщенного зерна.

Для выполнения технологического процесса предложенной дробилкой применена электрическая схема, изображенная на рисунке 4.

Работа электрической схемы состоит в следующем. Питание трехфазной электрической цепи током можем установить визуально с помощью светового индикатора 1. Когда контакты выключателя 2 замыкаются, происходит подача электрической энергии на контакторы. Цепь управления включают при помощи выключателя 3. В результате ток поступает к кнопкам включения 7, 8 для запуска электродвигателей 13 и 6. Для включения электродвигателя 13 нажимают кнопку 7, в результате осуществляют подачу электрического тока на катушку 9, и происходит замыкание контактов контактора 15. Электродвигатель 13 при помощи ременной передачи вращает барабан с молотками (рис. 3 поз. 6). После того как электродвигатель 13 (рис. 4) выходит на рабочую частоту вращения и снижаются пусковые токи в сети, включают электродвигатель 6, который вращает барабан с ножами (рис. 3 поз. 8). Для этого включают кнопку 8 (рис. 4) и осуществляют подачу электрического тока на катушку 10. Это приводит к замыканию контактов контактора 4, в результате подают напряжение на электродвигатель 6. После выхода электродвигателя 6 на рабочую частоту вращения и снижения пусковых токов в сети можно осуществлять подачу пророщенного зерна из бункера в камеру измельчения.



- 1 – световой индикатор; 2, 3 – пакетный выключатель;
- 4, 15 – контактор; 5, 14 – тепловое реле; 6, 13 – электродвигатель; 7, 8 – кнопка; 9, 10 – катушка; 11, 12 – контакты; 16 – контакты

1 - light indicator; 2, 3 - batch switch; 4, 15 - contactor; 5, 14 - thermal relay; 6, 13 - electric motor; 7, 8 - button; 9, 10 - coil; 11, 12 - contacts; 16 - contacts

Рис. 4 – Схема управления дробилкой пророщенного зерна

Fig. 3 – Control scheme of the sprouted grain crusher



**Методика исследования
гранулометрического состава кормов**

По завершению работы дробилок измельченная масса представляет собой частицы разного геометрического размера. Качество работы дробилок оценивают по значению средних геометрических размеров частиц, которые составляют различные фракции, а также процентному содержанию массы частиц в каждой фракции с учетом начальной массы продукта.

Чтобы разделить на необходимые фракции пророщенное измельченное зерно, использовали рассев с набором решет [4, 7].

По данным Мельникова С.В. [7], чтобы рассчитать средневзвешенный диаметр измельченных частиц, используем формулу:

$$d = (d_1p_1 + d_2p_2 + \dots + d_n p_n)/100, \quad (1)$$

где d_i – средний размер отверстий сита, мм;
 p_n – измельчённая масса на сите.

Для кормления животных и птицы размер фракций кормовых смесей должен быть различным. Поэтому дробилки должны обеспечить необходимый модуль помола. Для изменения конечного размера частиц в дробилках применяют несколько комплектов решет с разным размером отверстий.

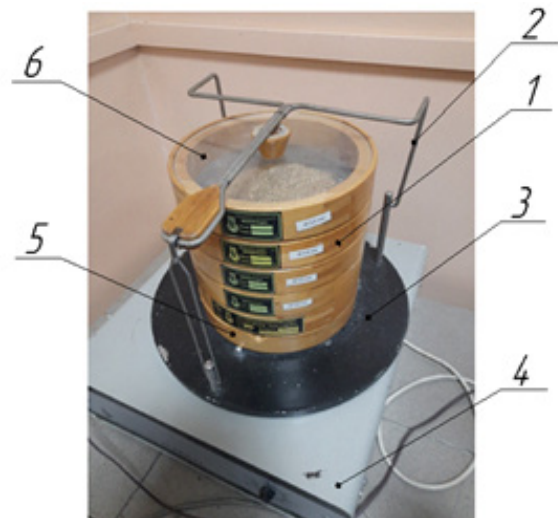
Для оценки качества работы дробилки применяют критерий – модуль помола. Необходимо отметить, что он отражает только геометрический размер различных фракций и не дает всего представления о недоизмельченной и переизмельченной фракциях. Для оценки содержания частиц во всех фракциях используют другие показатели работы. При изучении отдельных фракций измельченного пророщенного зерна нужно учитывать наличие переизмельченных и недоизмельченных частиц. Потому что при желании хорошо измельчить массу можно получить её переизмельчение. Это можно объяснить особенностью работы решетных дробилок, т.к. достаточно измельченная фракция при выходе из камеры измельчения встречает сопротивление в виде недоизмельченной фракции и, в результате, подвергается переизмельчению. Если использовать решета с большим размером отверстий, то повышается вероятность получить недоизмельченную фракцию.

Определение крупности измельченных частиц пророщенного зерна

Измельчение массы осуществляли при помощи предложенной дробилки с двумя видами рабочих органов. Затем брали навеску измельченной массы и с помощью рассева У1-ЕРЛ проводили анализ. Рассев приведен на рисунке 5. Технологический процесс работы рассева представлен на рисунке 6. Рассев представляет собой основание, на котором расположена вибрирующая поверхность. Привод вибрирующей поверхности механический. На вибрирующую поверхность устанавливают снизу-вверх тарелку без отверстий. На тарелку установлены решета с диаметром отверстий сверху-вниз 2,5; 2; 1,5; 1; 0,5 мм. Навеску пророщенного зерна размещают на верхнем решете,

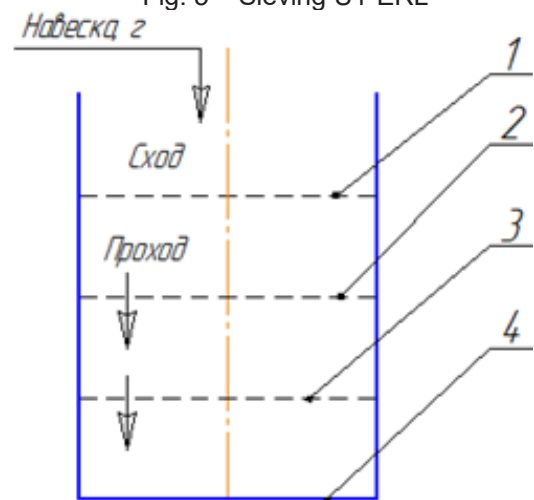
и, чтобы исключить потери от вибрации, закрывают крышкой. Тарелку и все решета к вибрирующей поверхности крепят держателем.

Технологический процесс рассева протекает так. Отмеренную на весах порцию пророщенного зерна насыпали на верхнее решето, после этого закрывали крышку, держателем фиксировали решета. После этого включали привод вибрирующей поверхности на восемь минут и таким образом просеивали измельченную массу пророщенного зерна с верхнего решета на нижние решета. По истечении указанного времени выключили привод рассева и произвели взвешивание пророщенного зерна с каждого решета с точностью до 0,01 г. После определения массы измельченного зерна каждой фракции, зная начальную массу навески, определяли процентное содержание каждой отдельной фракции.



1 – решето; 2 – держатель; 3 – платформа подвижная; 4 – корпус рассева; 5 – тарелка; 6 – крышка
1 - sieve; 2 - holder; 3 – mobile platform; 4 – sieving body; 5 - plate; 6 - cover

Рис. 5 – Рассев У1-ЕРЛ
Fig. 5 – Sieving U1-ERL



1, 2, 3 – решето; 4 – тарелка
1, 2, 3 - sieve; 4 - plate

Рис. 6 – Схема работы рассева
Fig. 6 – The scheme of the sieving operation



Результаты экспериментальных исследований оценки размера измельченных частиц

Необходимый конечный размер пророщенного зерна обусловлен зоотехническими требованиями, предъявляемыми к кормам для определенной группы животных.

Согласно данным литературных источников, размер частиц измельченного продукта для кормления свиней должен быть 0,9-1,4 мм [4, 8]. Экспериментальные исследования по определению частиц необходимых размеров, а также недоизмельченных и переизмельченных частиц в разработанной дробилке с обоснованными конструктивно-режимными параметрами показаны на рисунке 7.

Качество измельчения пророщенного зерна на дробилке оценивалось в соответствии с методи-

кой, изложенной ранее. Перед выполнением экспериментов по измельчению пророщенное зерно сушили до конечной влажности 14 %. Пророщенные зерна пшеницы и ячменя измельчали отдельно друг от друга. Измельчение осуществляли последовательно: ножами, затем молотками, затем брали навески [4, 6].

При проведении экспериментов на пророщенном зерне ячменя влажностью 14 % производительность предложенной дробилки составила 515 кг/ч. Отмечая качество работы дробилки, можно указать, что переизмельченная фракция равна 1,8 %, недоизмельченная фракция – 3,3 %, требуемая фракция равна 93,41 %, потери составили 1,49 %

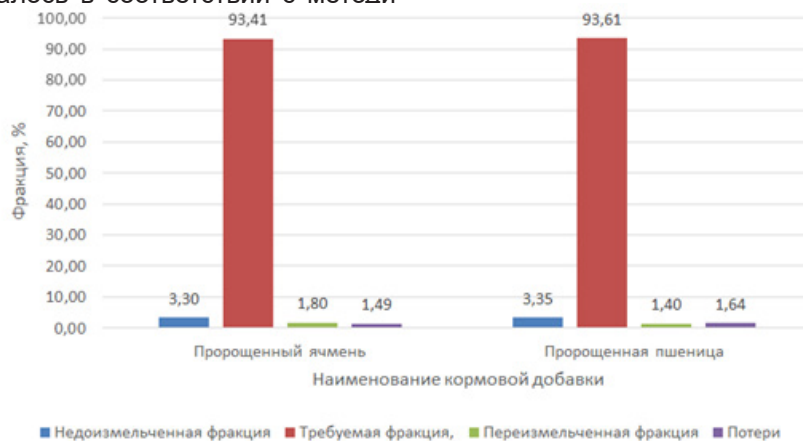


Рис. 7 – Средний размер частиц измельченного пророщенного зерна
Fig. 7 – Average particle size of crushed sprouted grain

При проведении экспериментов на пророщенном зерне пшеницы влажностью 14 % производительность предложенной дробилки составила 522 кг/ч. Отмечая качество работы дробилки, можно указать, что переизмельченная фракция равна 1,4 %, недоизмельченная фракция – 3,35%, требуемая фракция равна 93,61 %, потери составили

1,64 %.

Чтобы оценить качество процесса измельчения пророщенного зерна, применяли рассев, на решетках которого распределились частицы.

На рисунке 8 изображено распределение фракционного состава измельченных частиц пророщенного ячменя на решетках рассева.

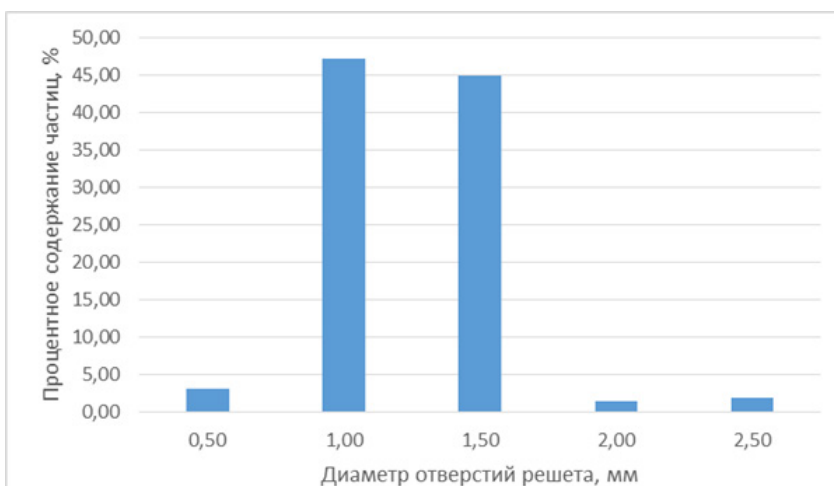


Рис. 8 – Распределение фракционного состава частиц измельченного пророщенного зерна ячменя по решетам

Fig. 8 – Distribution of the fractional composition of the particles of crushed sprouted barley grain by sieves

Распределение фракций измельченного пророщенного зерна пшеницы на решетках рассева представлено на рисунке 9.

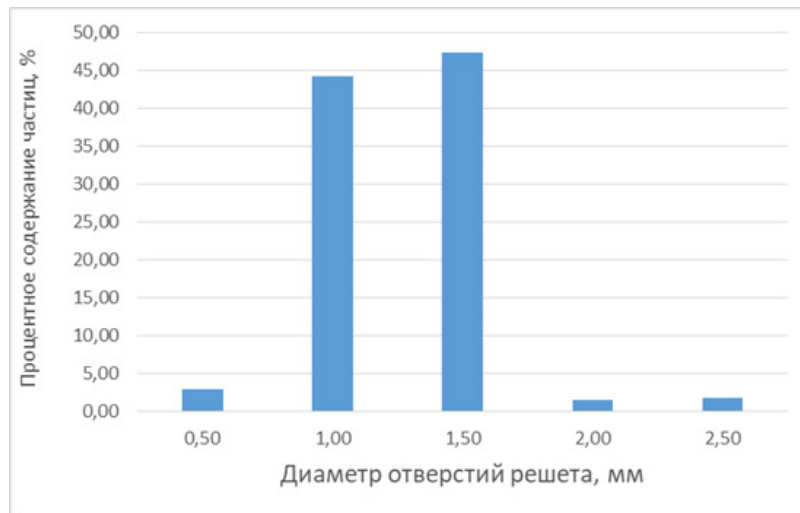


Рис. 9 – Распределение фракционного состава частиц измельченного пророщенного зерна пшеницы по решетам

Fig. 9 – Distribution of the fractional composition of the particles of crushed sprouted wheat grain by sieves

Чтобы оценить качество процесса измельчения пророщенного зерна, применяли рассев, на решетках которого распределились частицы.

В таблице 1 указаны фракции пророщенного измельченного зерна и их процентное содержание.

Таблица 1 – Фракции пророщенного измельченного зерна и их процентное содержание

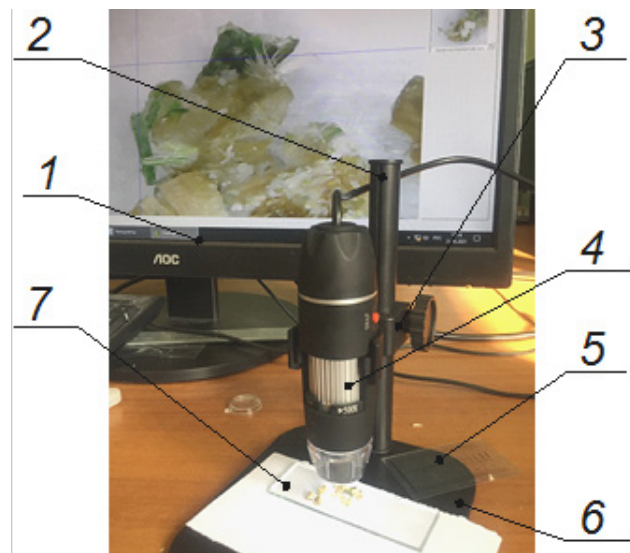
Измельченное зерно ячменя					
Диаметр отверстий решета, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Процентное содержание частиц	3,20	47,20	45,00	1,40	1,90
Измельченное зерно пшеницы					
Диаметр отверстий решета, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Процентное содержание частиц	2,90	44,20	47,40	1,50	1,85

Методика оценки структуры пророщенного измельченного зерна

Выполнив измельчение пророщенного зерна, необходимо провести оценку его состава и размеров, обратить внимание на края частиц. Для такой оценки необходимо воспользоваться микроскопами. Чтобы определить размер измельченных частиц, применили Digital Microscope, в его комплект входит линейка. Этот микроскоп изображен на рисунке 10.

Чтобы оценить качество среза и состав пророщенного зерна, применили микроскоп Levenhuk 950T DARK Series Microscopes, который изображен на рисунке 11.

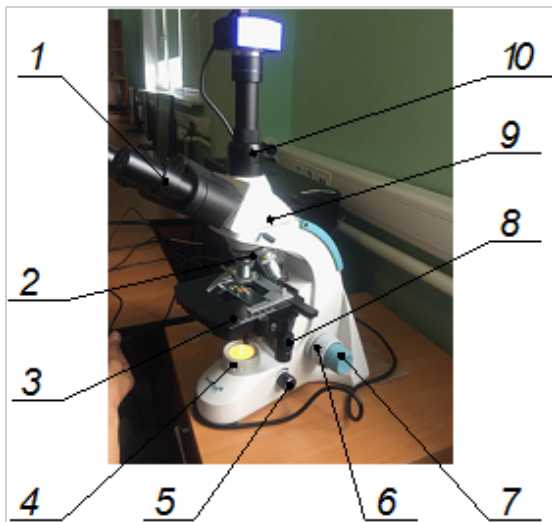
По завершению измельчения пророщенного зерна мы взяли несколько частиц, которые разместили под микроскопом, сделали снимки, затем провели их анализ.



1 – монитор; 2 – стойка; 3 – регулятор высоты; 4 – ручка тонкой фокусировки; 5 – сетка; 6 – подставка; 7 – стекло предметное

1 - monitor; 2 - rack; 3 - height regulator; 4 - fine focus knob; 5 - grid; 6 - stand; 7 - slide glass

Рис. 10 – Микроскоп Digital Microscope
Fig. 10 – Digital Microscope



1 – окуляр; 2 – устройство револьверное;
 3 – столик предметный; 4 – лампа; 5 – регулятор яркости подсветки; 6 – ручка грубой фокусировки; 7 - ручка тонкой фокусировки; 8 – перемещение столика по горизонтали; 9 – насадка окулярная; 10 – третья окулярная трубка
 1 - eyepiece; 2 - revolving device; 3 - subject table; 4 - lamp; 5 - backlight brightness control; 6 - coarse focus knob; 7 - fine focus knob; 8 - moving the table horizontally; 9 - ocular nozzle; 10 - third ocular tube

Рис. 11 – Микроскоп Levenhuk 950T DARK
 Fig. 11 – Levenhuk 950T DARK Series Microscopes

Результаты оценки структуры пророщенного измельченного зерна

Показатели структуры пророщенного зерна проводились по методике, изложенной выше. На рисунке 12 представлена фотография измельченного ростка пророщенного ячменя под микроскопом. На фотографии хорошо заметна целлюлоза. На следующих фотографиях изображено измельченное пророщенное зерно, которое получено после измельчения в комбинированной дробильной камере. На рисунке 13 представлена фотография измельченного ростка и зерновки ячменя под микроскопом.



Рис. 12 – Росток пророщенного ячменя
 Fig. 12 – Sprout of sprouted barley



Рис. 13 – Измельченный росток и зерновка ячменя
 Fig. 13 – Crushed sprout and barley grain

На рисунке 13 виден зародыш зерна, разрезанный ножами, а также края, срезанные ножами, которые расположены на внутреннем валу дробилки. На рисунке 14 представлены частицы пророщенного зерна ячменя, которые измельчены в комбинированной дробильной камере. На рисунке 15 видны оболочки, ростки, зародыш, крахмальные зерна.



Рис. 14 – Измельченный росток и зерновка ячменя
 Fig. 14 – Crushed sprout and barley grain



Рис. 15 – Измельченные частицы пророщенного зерна ячменя
 Fig. 15 – Crushed particles of sprouted barley grain



На рисунке 16 изображены частицы пророщенного высушенного измельченного зерна ячменя, которые размещены на измерительной сетке.

Выполнив анализ геометрических размеров и строения измельченных частиц, можно отметить, что средние размеры находятся в интервале 1,1-1,4 мм. Строение и физико-механические свойства зерновок и ростков отличаются. В состав зерновки входит зародыш, мучнистое тело и оболочка. Мучнистое тело состоит из белка и крахмала, который имеет кристаллическое строение. Крахмал – это растительный полисахарид, обладающий кристаллическим строением.

По данным Мельникова С.В., «чтобы разрушить эндосперм, необходимо применить удар» [7].

Клетчатки в зародыше немного, а также гемицеллюлозы около 10 %. Зародыш обладает высокой эластичностью.

Вокруг крахмальных клеток расположены прочные слои. Оболочка состоит в основном из целлюлозы. Твердость зерновки ячменя обеспечена за счет жесткости верхних слоев. Чтобы разрушить верхние слои зерновки, используют механическое воздействие.

Для ростка характерно стеблевидное волокнистое строение. Известно, что стебельную массу измельчают резанием [7, 9, 10].

В результате проведенного структурного анализа пророщенного зерна, пришли к заключению, что для измельчения неоднородного продукта, которым является пророщенное зерно, нужно использовать молотки и ножи.



Рис. 16 – Пророщенный высушенный измельченный ячмень с сеткой (Sprouted Dried Crushed Barley with mesh)

Определение энергоёмкости процесса измельчения

Величина силы тока в одной фазе трехфазной сети на электродвигателе, который приводит в работу барабан с ножами без нагрузки, по результатам измерений равна 4,9 А. Линейное напряжение в сети составляло 380 В. Расчет потребляемой из сети активной мощности выполняли с использованием выражения (2). При $\cos\varphi = 0,8$ она составила 2,58 кВт.

Для определения потребляемой из сети активной мощности электродвигателей для привода барабана, оснащенного ножами, и барабана, оснащенного молотками, применили выражение:

$$P_C = \sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot I \cdot \cos\varphi, \quad (2)$$

где $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение, В;

I – сила тока (измерена амперметром), А;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности электродвигателя.

Величина силы тока в одной фазе трехфазной сети на электродвигателе, который приводит в работу молотковый барабан без нагрузки, по результатам измерений составляла 5,1 А. Линейное напряжение в сети составляло 380 В. Расчетная потребляемая из сети активная мощность при $\cos\varphi = 0,8$ составила 2,685 кВт.

Сила тока в одной фазе трехфазной сети на электродвигателе, который приводит в работу барабан с ножами в режиме рабочей нагрузки, составляла 7,3 А, расчетная потребляемая из сети активная мощность при линейном напряжении 380 В составила 3,844 кВт.

Сила тока в одной фазе трехфазной сети на электродвигателе, который приводит в работу молотковый барабан, составлял 7,5 А, расчетная потребляемая из сети активная мощность при линейном напряжении 380 В и при $\cos\varphi = 0,8$ составила 3,949 кВт.

Общая энергоёмкость измельчения зерновок с ростками складывается из суммы энергоёмкости измельчения ростков и энергоёмкости измельчения зерновок. Энергоёмкость определена по формулам (4)-(9) и находится в интервале 6,7-8,3 кВт ч/т.

Чтобы определить энергоёмкость процесса измельчения по Мельникову [7], необходимо брать во внимание степень измельчения материала $\Xi_{\text{н}}$:

$$\Xi_{\text{н}} = \frac{(3) N_{\text{ИЗМ}}}{Q\lambda}, \quad (3)$$

где $N_{\text{ИЗМ}}$ – суммарная мощность, затрачиваемая на измельчение, кВт;

Q – пропускная способность предложенной дробилки, т/ч;

λ – степень измельчения пророщенного зерна.

Суммарную мощность, затрачиваемую на измельчение, определяли по выражению:

$$N_{\text{ИЗМ}} = P_{\text{С ННН}} + P_{\text{С МНН}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{С ННН}}$ – потребляемая из сети активная мощность электродвигателя, при рабочей загрузке ножевого барабана, кВт;

$P_{\text{С МНН}}$ – потребляемая из сети активная мощность электродвигателя, при рабочей загрузке молоткового барабана, кВт.

Чтобы оценить общую энергоёмкость процесса измельчения пророщенного зерна, необходимо из общей производительности выделить производительность по росткам и по зерновкам. Для этого необходимо знать процентное соотношение ростков и зерновок в массе. Массовое содержание ростков составляет 10 %, а массовое содержание



зерновок – 90 %. Ввиду того, что начальные размеры зерновок и ростков отличаются, необходимо также знать степень измельчения зерновок и ростков.

Тогда пропускную способность дробилки при измельчении ростков можно определить по выражению:

$$Q_1 = 0,1 \cdot Q, \quad (5)$$

Производительность дробилки при измельчении зерновок можно определить по выражению:

$$Q_2 = 0,9 \cdot Q, \quad (6)$$

Чтобы рассчитать энергоёмкость при максимальной степени измельчения ростков, используем формулу:

$$\mathcal{E}_{Н1} = \frac{P_{С ННН} + P_{С МНН}}{Q_1 \cdot \lambda_1}, \quad (7)$$

Чтобы рассчитать энергоёмкость при максимальной степени измельчения зерновок, используем формулу:

$$\mathcal{E}_{Н2} = \frac{P_{С ННН} + P_{С МНН}}{Q_2 \cdot \lambda_2}, \quad (8)$$

Общая энергоёмкость может быть представлена как сумма энергоёмкостей при измельчении ростков и зерновок, формула имеет вид:

$$\mathcal{E}_Н = \mathcal{E}_{Н1} + \mathcal{E}_{Н2}, \quad (9)$$

Энергоёмкость предложенного измельчителя оценивают с учетом полученной степени измельчения ростков и зерновки пророщенного зерна и процентного содержания ростков и зерновки в общей массе [7, 9-14].

Результаты расчета по формуле (9) приведены в виде зависимости энергоёмкости процесса измельчения от степени измельчения и изображены на рисунке 17.

По результату анализа графика, изображенного на рисунке 17, энергоёмкость процесса измельчения пророщенного зерна уменьшится с 7,23 до 6,2 кВт ч/т при условии поддержания производительности дробилки 0,52 т/ч и увеличении степени измельчения продукта с 20,71 до 24,17. Это объясняется тем, что процесс измельчения можно представить, как разделение тела на части с получением новых частиц с большей площадью поверхности. Поэтому с увеличением площади образованной поверхности уменьшается энергоёмкость процесса измельчения.

Качество работы предложенной дробилки пророщенного зерна будем оценивать по такому критерию как модуль помола [14, 15].

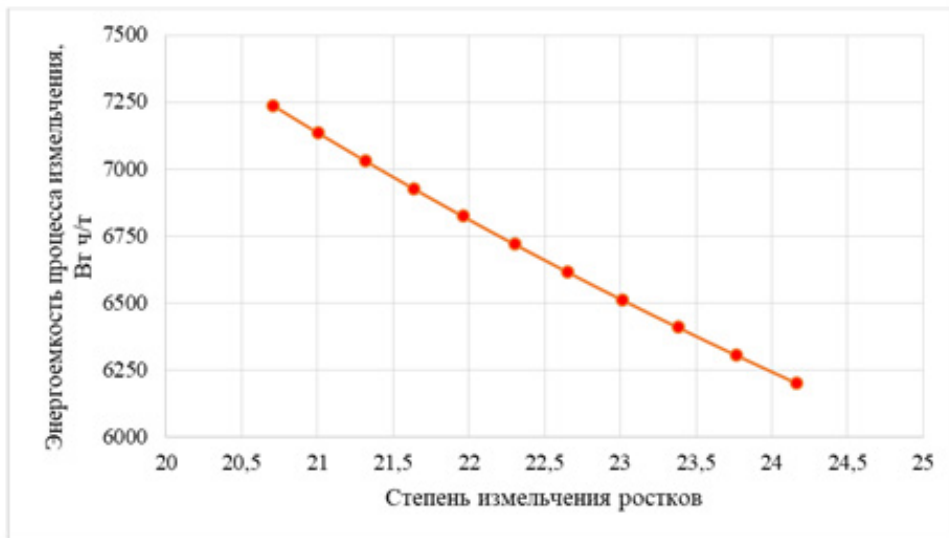


Рис. 17 – Зависимость энергоёмкости процесса измельчения от степени измельчения
 Fig. 17 – Dependence of the energy intensity of the grinding process on the degree of grinding

Независимые факторы, которые оказывают влияние на модуль помола в барабане с закрепленными молотками, приведены в таблице 2

Таблица 2 – Независимые факторы, которые оказывают влияние на модуль помола в барабане с закрепленными молотками

Обозначение	Наименование фактора	Уровни варьирования факторов		
		-1	0	+1
X ₁	Частота вращения дробильного барабана, nД мин ⁻¹	2000	2500	3000
X ₂	Толщина молотка, h _М м;	0,002	0,003	0,004
X ₃	Диаметр барабана, D _б м;	0,6	0,65	0,7



Независимые факторы, которые оказывают влияние на модуль помола в барабане с закрепленными ножами, приведены в таблице 3

Таблица 3 – Независимые факторы, которые оказывают влияние на модуль помола в барабане с закрепленными ножами

Обозначение	Наименование фактора	Уровни варьирования факторов		
		-1	0	+1
		2000	2500	3000
X ₁	Угол заточки лезвия ножа, γН град	10	20	30
X ₂	Расстояние между ножами, а мм	7	14	21
X ₃	Частота вращения ножевого барабана, nН мин ⁻¹	2000	2500	3000

Обработав результаты экспериментальных исследований [14], получили коэффициенты уравнения регрессии, которые учитывают влияние каждого независимого фактора в отдельности, а также совокупное влияние факторов на зависимую переменную – модуль помола M_{П1}, который получен после измельчения пророщенного зерна барабаном с молотками. Уравнение регрессии представим следующим образом:

$$M_{П1} = -19,48 + 0,0007n_{д} + 9,97h_{м} + 0,57D_{б} + 0,0000002n_{д}^2 - 0,00028n_{д}h_{м} - 0,000065n_{д}D_{б} + 4,76h_{м}^2 - 0,15h_{м}D_{б} - 0,003D_{б}^2 \quad (10)$$

По результатам расчетов коэффициент корреляции уравнения регрессии составляет R = 87,27 %.

Чтобы определить адекватность предложенной математической модели, использовали критерий Фишера. Расчетное значение критерия Фишера составило F_р = 8,38 > F_{ТАБЛ} = 2,95 [16]. Сравнение расчетного и табличного значений критерия Фишера позволили заключить, что математическая модель адекватна, а коэффициенты уравнения регрессии значимы.

Чтобы на основании полученных результатов экспериментов определить оптимальные режимные параметры предложенной дробилки, провели анализ уравнения регрессии (10). Определили, что модуль помола пророщенного зерна составляет 1,2-1,3 мм после дробления барабаном с молотками при следующих значениях факторов:

n_д – частоте вращения дробильного барабана, 2550-2580 мин⁻¹;

h_м – толщине молотка, 2-3 мм;

D_б – диаметре барабана, 600-620 мм.

Обработав результаты экспериментальных исследований, получили коэффициенты уравнения регрессии, которые учитывают влияние каждого независимого фактора в отдельности, а также совокупное влияние факторов на зависимую переменную – модуль помола МП2, который получен после измельчения пророщенного зерна барабаном с ножами [15, 16]. Уравнение регрессии представим следующим образом:

$$M_{П2} = 1,077 - 0,00085n_{н} + 0,033b_{н} + 0,1\gamma_{н} + 0,0000002n_{н}^2 - 0,0000038\omega_{б}b_{н} - 0,000017\omega_{б}\gamma_{н} + 0,001b_{н}^2 - 0,001b_{н}\gamma_{н} - 0,0011\gamma_{н}^2 \quad (11)$$

По результатам расчетов коэффициент корреляции уравнения регрессии составляет R = 88,52 %.

Для определения адекватности предложенной математической модели использовали критерий Фишера. Расчетное значение критерия Фишера составило F_р = 9,427 > F_{ТАБЛ} = 2,95 [16]. Сравнение расчетного и табличного значений критерия Фишера позволили заключить, что математическая модель адекватна, а коэффициенты уравнения регрессии значимы.

Чтобы на основании полученных результатов экспериментов определить оптимальные режимные параметры предложенной дробилки, провели анализ уравнения регрессии (11). Определили, что модуль помола пророщенного зерна составляет 1,25-1,3 мм после резания барабаном с ножами при следующих значениях факторов: n_н – частоте вращения ножевого барабана, 2820-2840 мин⁻¹; b_н – расстоянию между ножами, 12-14 мм; γ_н – угле заточки ножа, 14-15° [12, 15].

Зависимость поверхности отклика модуля помола пророщенного зерна от частоты вращения барабана с ножами и расстояния между ножами, и ее двумерное сечение изображены на рисунке 18.

Зависимость поверхности отклика модуля помола пророщенного зерна от частоты вращения барабана с ножами и угла заточки ножа, и ее двумерное сечение изображены на рисунке 19.

Рассмотрев поверхность отклика и ее двумерное сечение, изображенные на рисунке 18, можно отметить, что модуль помола составил 1-1,4 мм после измельчения пророщенного зерна ножами, при этом расстояние между ножами равно 7-15 мм, частота вращения барабана с ножами должна быть в интервале 2200-3000 мин⁻¹. Если установить частоту вращения барабана с ножами менее 1800 мин⁻¹, то модуль помола будет составлять 1,6-1,7 мм, что выше установленной специалистами величины 0,9-1,4 мм [8].

Рассмотрев поверхность отклика и ее двумерное сечение, изображенные на рисунке 19, можно заключить, что модуль помола составил 1-1,3 мм после измельчения ножами, при этом угол заточки ножей равен 12-16 град, частота вращения ножевого барабана 2200-3000 мин⁻¹. Если угол заточки ножей сделать равным 16-18 град, то модуль помола возрастет до значения 1,6-1,7 мм, что больше установленного специалистами значения 0,9-1,4 мм [8].

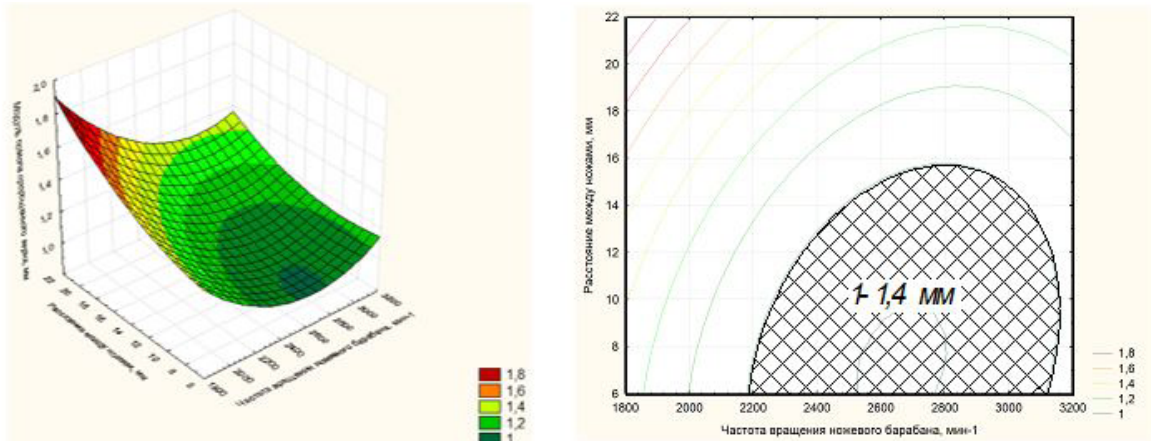


Рис. 18 – Поверхность отклика модуля помола пророщенного зерна от частоты вращения барабана с ножами и расстояния между ножами, и ее двумерное сечение
 Fig. 18 – The response surface of the milled grain grinding module depends on the rotation frequency of the drum with knives and the distance between the knives, and its two-dimensional cross-section)

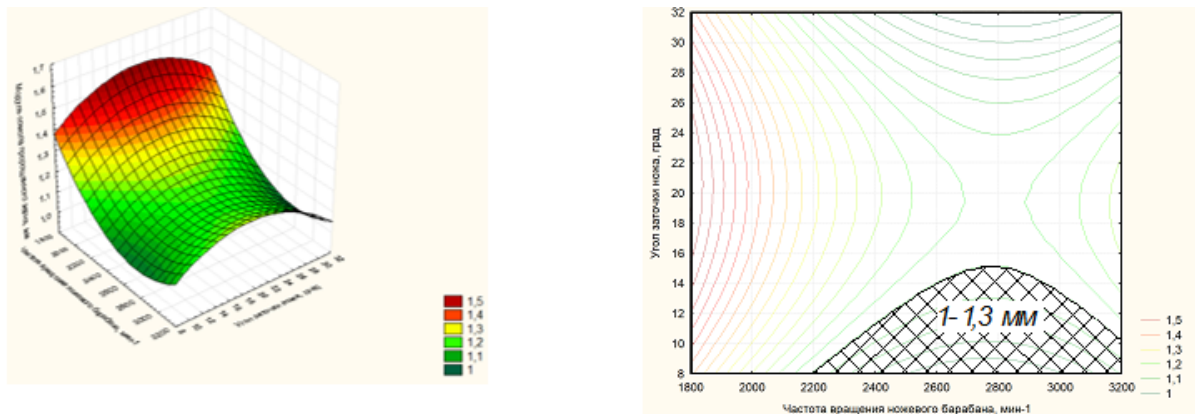


Рис. 19 – Поверхность отклика модуля помола пророщенного зерна от частоты вращения барабана с ножами и угла заточки ножа, и ее двумерное сечение
 Fig. 19 – The response surface of the sprouted grain grinding module depends on the rotation frequency of the knife drum and the knife sharpening angle, and its two-dimensional cross-section

Заключение

В статье представлена дробилка пророщенного зерна с двумя видами рабочих органов: молотками и ножами, установленными на разных барабанах. На внутреннем барабане расположены ножи, а на внешнем барабане установлены молотки. Предложенная дробилка пророщенного зерна способна осуществлять следующее: хранение пророщенного зерна в бункере, нормированную подачу пророщенного зерна из бункера в камеру измельчения, измельчение ростков ножами и дробление зерновок молотками до необходимых размеров от 0,9 до 1,4 мм и последующее удаление измельченного пророщенного зерна из камеры измельчения.

1. Предложенная конструкция дробилки обеспечивает однородность массы пророщенного зерна после измельчения 95-96 % \pm 2%.

2. Пророщенное зерно представляет собой слабо соединенные зерновку и росток, которые при насыпи образуют неоднородную массу. Твердость зерновки ячменя обеспечена за счет жесткости верхних слоев. Чтобы разрушить верхние слои зерновки, используют механическое воздей-

ствие. В состав зерновки входят следующие части: оболочка, мучнистое тело и зародыш. Мучнистое тело состоит из белка и крахмала, который имеет кристаллическое строение. Крахмал – это растительный полисахарид, обладающий кристаллическим строением. По данным Мельникова С.В., «чтобы разрушить эндосперм, необходимо применить удар». Для ростка характерно стеблевидное волокнистое строение. Известно, что стебленную массу измельчают резанием.

3. По итогам проведения экспериментов и последующей обработки полученных результатов представили уравнения регрессии, в которых определена связь зависимой величины – модуля помола – с независимыми воздействующими факторами: барабана, с расположенными молотками, и барабана, с расположенными ножами. В результате проведенного расчета получили: – модуль помола пророщенного зерна составляет 1,2-1,3 мм после дробления барабаном с молотками при следующих значениях факторов: n_D – частоте вращения дробильного барабана, 2550-2580 мин⁻¹; h_M – толщине молотка, 2-3 мм; D_6 – диаметре барабана, 600-620 мм;



– модуль помола пророщенного зерна составляет 1,25-1,3 мм после резания барабаном с ножами при следующих значениях факторов: n_H – частоте вращения ножевого барабана, 2820-2840 мин⁻¹; b_H – расстояния между ножами, 12-14 мм; γ_H – угле заточки ножа, 14-15°.

4. При проведении экспериментов на пророщенном зерне ячменя влажностью 14 % производительность предложенной дробилки составила 515 кг/ч. Отмечая качество работы дробилки, можно указать, что переизмельченная фракция равна 1,8 %, недоизмельченная фракция равна 3,3 %, требуемая фракция – 93,41 %, потери составили 1,49 %.

5. При проведении экспериментов на пророщенном зерне пшеницы влажностью 14 % производительность предложенной дробилки составила 522 кг/ч. Отмечая качество работы дробилки, можно указать, что переизмельченная фракция равна 1,4 %, недоизмельченная фракция равна 3,35 %, требуемая фракция – 93,61 %, потери составили 1,64 %.

6. Суммарная энергоёмкость процесса измельчения пророщенного зерна складывается из энергоёмкости измельчения зерновок и ростков, и находится в интервале от 6,7 до 8,3 кВт ч/т.

Список источников

1. Мысик А.Т. Пророщенное зерно ячменя в рационах свиней на откорме / А.Т. Мысик, Г.С. Походня, П.И. Бреславец, А.Н. Ивченко, А.А. Файнов // Зоотехния, 2014. - с. 6-8. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21630167>

2. Бахарев Г.Ф. Исследование процесса сучточного проращивания зерна на корм животным / Г.Ф. Бахарев, Л.И. Дролова, Л.Н. Емельянова // Достижение науки и техники. — 2007. №1. — С. 30-31. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10293109>

3. Припоров И.Е. Система для приготовления комбинированного белкового корма с применением компьютерных устройств/ И.Е. Припоров, В.С. Курасов, А.Б. Шепелев // Сельский механизатор. 2020. № 4. С. 26-27. URL: <http://www.selmech.msk.ru/420.html>

4. Вендин С.В. Обоснование конструктивных параметров ножей при резании плоского слоя продукта/ С.В. Вендин, В.А. Самсонов, Ю.В. Саенко, М.А. Семернина // Вестник всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства №4 (24) 2019. с. 101-104. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41450195>

5. Пат. RU 2493697 C1 A01K 5/02 Технологическая линия для подготовки к скармливанию пророщенного зерна: (2006.01) / С.А. Булавин, Ю.В. Саенко, А.Ю. Носуленко, В.А. Немыкин. заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО БелГСХА № 2012102292; заявл. 23.01.2012; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

6. Пат. RU 2692559 B02C 13/00 (2006.01), B02C 18/00 (2006.01), B02C 9/00 (2006.01), B02C 23/00 (2006.01) Дробилка пророщенного высушенного зерна / Вендин С.В., Саенко Ю.В., Казаков К.В., Семернина М.А. заявитель и патенто-

обладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина. № 2018135786; заявл. 09.10.2018; опубл. 25.06.2019 г. Бюл. №18. 13 с. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

7. Шейко И.П. Свиноводство / И.П. Шейко, В.С. Смирнов. Мн.: Новое знание, 2005. 384 с. URL: https://www.studmed.ru/sheyko-i-p-smirnov-v-s-svinovodstvo_b7c42f1aa77.html

8. Гулевский В.А. Результаты экспериментально-теоретических исследований энергоёмкости процесса измельчения стебельчатых кормов измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами/ В.А. Гулевский, А.А. Вертий // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018. № 2 (18). С. 19-28. URL: [https://bsaa.edu.ru/InfResource/library/Journal2\(18\)2018.pdf](https://bsaa.edu.ru/InfResource/library/Journal2(18)2018.pdf)

9. Гулевский В.А. Математическое моделирование работы измельчителя кормов / В.А. Гулевский, А.А. Вертий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (58). С. 120-128. URL: <http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2018/11/120-128.pdf>

10. Вольвак С.Ф. Теоретическое обоснование затрат мощности на измельчение стебельчатых кормов измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами / С.Ф. Вольвак, Д.Н. Бахарев, А.А. Вертий, Е.Е. Корчагина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 1 (13). С. 23-32. URL: [https://bsaa.edu.ru/InfResource/library/Journal%201\(13\)%202017.pdf](https://bsaa.edu.ru/InfResource/library/Journal%201(13)%202017.pdf)

11. Гулевский В.А. Усовершенствование технологии измельчения грубых стебельчатых кормов измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами / В.А. Гулевский, А.А. Вертий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2019. Т. 12. № 1 (60). С. 73-81. URL: <http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2019/04/73-81.pdf>

12. Гулевский В.А. Исследование повреждаемости кормовых корнеплодов рабочими органами гофрощеточного очистителя / В.А. Гулевский, В.В. Карпов / Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. №. 3(58). С. 91-97. URL: <http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2018/11/91-97.pdf>

13. Труфанов В.В. К обоснованию рациональных режимных параметров ударно-центробежной дробилки / В.В. Труфанов, А.М. Золотарев, Р.А. Дружинин, М.Н. Яровой / Вестник Воронежского государственного аграрного университета . 2018. № 1(56). С. 119 – 127. URL: <http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2018/06/119-127.pdf>

14. Вендин С.В., Саенко Ю.В. Измельчение пророщенного зерна для приготовления кормовых смесей: монография. - Москва; Белгород: ООО «Центральный коллектор библиотек. «БИБКОМ», 2017. 137 с. URL: <https://rucont.ru/efd/612945>

15. Макаричев Ю.А. Методы планирование эксперимента и обработки данных / Макаричев Ю.А., Иванников Ю.Н. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. – 131 с. URL: http://em.samgtu.ru/sites/em.samgtu.ru/files/mpe_posobie_2016.pdf



Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Mysik A.T. Proroshchennoe zerno yachmenya v racionah svinej na otkorme / A.T. Mysik, G.S. Pohodnya, P.I. Breslavets, A.N. Ivchenko, A.A. Fajnov // *Zootekhnika*, 2014. - s. 6-8. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21630167>
2. Baharev G.F. Issledovanie processa sutochnogo prorashchivaniya zerna na korm zhivotnym / G.F. Baharev, L.I. Drolova, L.N. Emel'yanova // *Dostizhenie nauki i tekhniki*. — 2007. №1. — S. 30-31. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10293109>
3. Priporov I.E. Sistema dlya prigotovleniya kombinirovannogo belkovogo korma s primeneniem komp'yuternyh ustrojstv/ I.E. Priporov, V.S. Kurasov, A.B. Shepelev // *Sel'skij mekhanizator*. 2020. № 4. S. 26-27. URL: <http://www.selmech.msk.ru/420.html>
4. Vendin S.V. Obosnovanie konstruktivnyh parametrov nozhej pri rezanii ploskogo sloya produkta/ S.V. Vendin, V.A. Samsonov, YU.V. Saenko, M.A. Semernina // *Vestnik vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva* №4 (24) 2019. s. 101-104. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41450195>
5. Pat. RU 2493697 C1 A01K 5/02 Tekhnologicheskaya liniya dlya podgotovki k skarmlivaniyu proroshchennogo zerna: (2006.01) / S.A. Bulavin, YU.V. Saenko, A.YU. Nosulenko, V.A. Nemykin. *zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO BelGSKHA* № 2012102292; *zayavl.* 23.01.2012; *opubl.* 27.09.2013, *Byul.* № 27. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
6. Pat. RU 2692559 B02C 13/00 (2006.01), B02C 18/00 (2006.01), B02C 9/00 (2006.01), B02C 23/00 (2006.01) *Drobilka proroshchennogo vysushennogo zerna / Vendin S.V., Saenko YU.V., Kazakov K.V., Semernina M.A. zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Belgorodskij GAU imeni V.YA. Gorina.* № 2018135786; *zayavl.* 09.10.2018; *opubl.* 25.06.2019 g. *Byul.* №18. 13 s. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
7. Shejko I.P. *Svinovodstvo / I.P. Shejko, V.S. Smirnov. Mn.: Novoe znanie, 2005. 384 s.* URL: https://www.studmed.ru/shejko-i-p-smirnov-v-s-svinovodstvo_b7c42f1aa77.html
8. Gulevskij V.A. Rezul'taty eksperimental'no-teoreticheskikh issledovanij energoemkosti processa izmel'cheniya stebel'chatyh kormov izmel'chitelem s sharnirno podveshennymi kombinirovannymi nozhami/ V.A. Gulevskij, A.A. Vertij // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2018. № 2 (18). S. 19-28. URL: [https://bsaa.edu.ru/InfResource/library/Journal2\(18\)2018.pdf](https://bsaa.edu.ru/InfResource/library/Journal2(18)2018.pdf)
9. Gulevskij V.A. Matematicheskoe modelirovanie raboty izmel'chatelya kormov / V.A. Gulevskij, A.A. Vertij // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. № 3 (58). S. 120-128. URL: <http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2018/11/120-128.pdf>
10. Vol'vak S.F. *Teoreticheskoe obosnovanie zatrat moshchnosti na izmel'chenie stebel'chatyh kormov izmel'chitelem s sharnirno podveshennymi kombinirovannymi nozhami / S.F. Vol'vak, D.N. Baharev, A.A. Vertij, E.E. Korchagina // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2017. № 1 (13). S. 23-32. URL: https://bsaa.edu.ru/InfResource/library/Journal%201(13)%202017.pdf*
11. Gulevskij V.A. *Uovershenstvovanie tekhnologii izmel'cheniya grubyh stebel'chatyh kormov izmel'chitelem s sharnirno podveshennymi kombinirovannymi nozhami / V.A. Gulevskij, A.A. Vertij // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2019. T. 12. № 1 (60). S. 73-81. URL: http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2019/04/73-81.pdf*
12. Gulevskij V.A. *Issledovanie povrezhdaemosti kormovyh korneplodov rabochimi organami gofrashchetchnogo ochistitelya / V.A. Gulevskij, V.V. Karpov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. №. 3(58). S. 91-97. URL: http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2018/11/91-97.pdf*
13. Trufanov V.V. *K obosnovaniyu racional'nyh rezhimnyh parametrov udarno-centrobeznoj drobilki / V.V. Trufanov, A.M. Zolotarev, R.A. Druzhinin, M.N. Yarovoj // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta . 2018. № 1(56). S. 119 – 127. URL: http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2018/06/119-127.pdf*
14. Vendin S.V., Saenko YU.V. *Izmel'chenie proroshchennogo zerna dlya prigotovleniya kormovyh smesej: monografiya. - Moskva; Belgorod: OOO «Central'nyj kollektor bibliotek. «BIBKOM», 2017. 137 s. URL: https://ruconf.ru/efd/612945*
15. Makarichev YU.A. *Metody planirovanie eksperimenta i obrabotki dannyh / Makarichev YU.A., Ivannikov YU.N. – Samara: Samar. gos. tekhn. un-t, 2016. – 131 s. URL: http://em.samgtu.ru/sites/em.samgtu.ru/files/mpe_posobie_2016.pdf*

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

Вендин Сергей Владимирович, д-р технических наук, профессор заведующий кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, elapk@mail.ru

Саенко Юрий Васильевич, д-р технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, yuriy311300@mail.ru

Семернина Марина Александровна, к.т.н., старший преподаватель кафедры математики, физики, химии и информационных технологий ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 38-19-48. e-mail marinasemernina@mail.ru

Author Information

Vendin Sergey V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Equipment and Electrical Technologies in the Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, elapk@mail.ru

Sayenko Yuri V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, yuriy311300@mail.ru

Semernina Marina A., candidate of technical sciences, senior lecturer of the department of mathematics, physics, chemistry and information technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +74722 38-19-48 e-mail marinasemernina@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 31.03.2023; одобрена после рецензирования 28.04.2023; принята к публикации 19.05.2023.

The article was submitted 31.03.2023; approved after reviewing 28.04.2023; accepted for publication 19.05.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №2, с.103-110
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №2, pp. 103-110

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.3
DOI: 10.36508/RSATU.2023.40.86.014

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ МОДЕЛИ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ

Алексей Анатольевич Голиков^{1✉}, Андрей Викторович Паршков², Андрей Сергеевич Дмитриев³, Алексей Валерьевич Подъяблонский⁴

^{1,3} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

² Современный технический университет, г. Рязань, Россия

⁴ Академия ФСИН России, г. Рязань, Россия

¹golikov.rgatu@yandex.ru

²parshkov83@mail.ru

³sisim62@mail.ru

⁴podyablonskiy62@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. При осуществлении уборочных работ их эффективность складывается из множества переменных факторов как технических, так и технологических. Оперативное принятие необходимых организационных мер способно частично нивелировать часть из них. Поэтому цель данного исследования – изыскание способов и методов совершенствования процесса уборки картофеля.

Методология. Полевые исследования были проведены в Михайловском районе Рязанской области. В качестве объектов исследования выступали комплексы технических средств – картофелеуборочная машина Grimme GT 170 и тракторно-транспортные агрегаты 2ПТС-4,5. При осуществлении уборочно-транспортного процесса была задействована разработанная адаптивная модель, обеспечивающая определение оптимальных режимов работы техники в зависимости от условия их проведения.

Результаты. Проведенные полевые исследования подтвердили эффективность применения адаптивной модели уборки картофеля. При этом было установлено, что в некоторых случаях высокая производительность отдельных звеньев технологической цепочки производства благоприятно сказывается на конечном результате. В рассмотренном случае видно, что при снижении рабочей скорости картофелеуборочной машины и обеспечение оптимального скоростного режима для транспортных средств положительный экономический эффект был получен за счет снижения издержек от механических повреждений продукции (снижение повреждений клубней при использовании адаптивной модели составило 16,54 % по сравнению с базовым вариантом).

Заключение. Проведенные исследования подтвердили эффективность и целесообразность применения адаптивной модели уборки картофеля. Ее использование в совокупности с модернизацией имеющегося в хозяйстве комплекса технических средств позволит поднять производство на более высокий уровень.

Ключевые слова: транспортное средство, уборка картофеля, картофелеуборочная машина, адаптивная модель

Для цитирования: Голиков А. А., Паршков А. В., Дмитриев А. С., Подъяблонский А. В. Исследование адаптивной модели уборки картофеля // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т. 15, №2. С.103-110 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.40.86.014>



Original article

STUDY OF ADAPTIVE POTATO HARVESTING MODEL

Alexey Anatolyevich Golikov^{1✉}, Andrey Viktorovich Parshkov², Andrey Sergeevich Dmitriev³, Alexey Valeryevich Podiablonskiy⁴

^{1,3} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

² Modern Technical University, Ryazan, Russia

⁴ Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia

¹golikov.rgatu@yandex.ru

²parshkov83@mail.ru

³sisim62@mail.ru

⁴podyablonskiy62@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. When carrying out harvesting operations, their effectiveness consists of a variety of variable factors, both technical and technological. Prompt adoption of the necessary organizational measures can partially offset some of them. Therefore, the purpose of this study is to find ways and methods to improve the potato harvesting process.

Methodology. Field studies were conducted in the Mikhailovsky district of the Ryazan region. The objects of the study were complexes of technical means – potato harvester Grimme GT 170 and tractor-transport units 2PTS-4,5. When carrying out the harvesting and transport process, the developed adaptive model was used to determine the optimal modes of operation of the equipment, depending on the conditions of their implementation.

Results. The conducted field studies have confirmed the effectiveness of the adaptive model of potato harvesting. At the same time, it was found that in some cases, the high productivity of individual links in the technological chain of production has a positive effect on the final result. In the case under consideration, it can be seen that with a decrease in the operating speed of the potato harvester and ensuring optimal speed for vehicles, a positive economic effect was obtained by reducing the costs of mechanical damage to products (the reduction in damage to tubers when using the adaptive model was 16.54% compared to the basic version).

Conclusion. The conducted studies have confirmed the effectiveness and expediency of using an adaptive model of potato harvesting. Its use in conjunction with the modernization of the complex of technical means available on the farm will allow to raise production to a higher level.

Key words: vehicle, potato harvesting, potato harvester, adaptive model

For citation: Golikov A. A., Parshkov A.V., Dmitriev A. S., Podiablonskiy A.V. Study of adaptive potato harvesting model // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No.2. P 103-110. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.40.86.014>

Введение

Уборка урожая является весьма сложным технологическим процессом, требующим немало трудовых, финансовых и временных затрат. При современном уровне развития производства выделяют три базовых технологии [1]: поточная, перевалочная и прямоточная.

Поточная – сбор урожая при помощи картофелеуборочного комбайна (копателя-погрузчика) – перевозка собранного урожая к пункту послеуборочной доработки – послеуборочная доработка – закладка на длительное хранение или реализация.

Перевалочная – сбор урожая при помощи картофелеуборочного комбайна (копателя-погрузчика) – перевозка собранного урожая к месту хранения – временное хранение – послеуборочная доработка – закладка на длительное хранение или реализация.

Прямоточная – сбор урожая при помощи картофелеуборочного комбайна (копателя-погрузчика) – перевозка собранного урожая к месту хранения – закладка на хранение.

Наиболее важным агротехническим показателем, определяющим качество выполнения уборки картофеля, является доля клубней с механическими повреждениями. С данной точки зрения неоспоримый фаворит – прямоточная технология (табл. 1). Самой неэффективной в рассматриваемом списке является поточная технология (табл. 1), поэтому получаемую в этом случае продукцию необходимо реализовать в кратчайшие сроки.

Каждая рассмотренная выше технология приоритетна в определенных условиях (неблагоприятные природные условия, низкая урожайность клубней и прочее), поэтому даже в рамках одного картофелеводческого хозяйства они могут применяться с некоторой периодичностью.






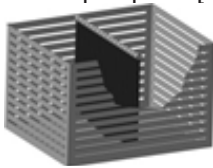


Таблица 1 – Доля клубней с механическими повреждениями (от общего объема) в зависимости от применяемой технологии уборки [1]

Показатель	Технология уборки		
	поточная	перевалочная	прямоточная
Механические повреждения клубней общие	66,4%	31,3%	20,2%

За продолжительный период времени учеными Рязанского агротехнологического университета разработан, сконструирован и испытан ряд технических решений (табл. 2).

Таблица 2 – Перспективы повышения эффективности базовых технологий уборки картофеля

Этап	Технология уборки			Вариант повышения эффективности работы
	поточная	поточная	поточная	
Сбор урожая при помощи картофелеуборочной машины	+	+	+	1. Подкапывающий рабочий орган [2].  2. Сепарирующий рабочий орган [3].  3. Специализированное перегрузочное устройство [4]. 
Вывоз урожая с поля	+	+	+	1. специализированный самосвальный кузов [5].  2. Перегрузочное устройство транспортного средства [6]. 
Временное хранение		+		Контейнер для временного хранения картофеля [7]. 
Послеуборочная доработка картофеля	+	+		
Закладка на хранение / отправка на реализацию	+	+	+	Овощехранилища [8,9]



При современном уровне развития техники и технологий существуют инструменты для совершенствования отдельных операций уборки картофеля, но даже их комплексное применение не может гарантировать ожидаемый (высокоэффективный) итоговый результат.

Кроме технологической и технической составляющих при осуществлении уборки картофеля немаловажную роль играет человеческий фактор. Стремление участников процесса (операторов картофелеуборочных машин, водителей транспортных средств и прочих заинтересованных лиц) к увеличению производительности не всегда отражает положительную динамику при расчете экономической эффективности.

Из вышесказанного следует, что для оптимального и высокоэффективного производства сельскохозяйственных культур требуются современные и научно-обоснованные методы. Одним из возможных вариантов решения является разработка и применение адаптивных моделей организации работ.

Материалы и методы исследования

Программный продукт – Адаптивная модель уборки картофеля – был написан на языке программирования C# в среде Visual Studio 2008.

$V_{куз}^{(1)}, V_{куз}^{(2)}$ – вместимость ТС, м³;

$\vartheta_{пор}^{(1)}, \vartheta_{пор}^{(2)}$ – скорость движения по рожного ТС, м/с;

$t_{выг}^{(1)}, t_{выг}^{(2)}$ – время разгрузки кузова ТС, с; В – ширина захвата комбайна, м; $n_{ряд}$ – количество разово убираемых рядков, ед.; S – протяженность пути ТС от поля до места выгрузки урожая, м; ρ – плотность клубня, кг/м³; Y – урожайность картофеля, т/га; $B_{гр}$ – ширина грядки, м; $\rho_{поч}$ – плотность почвы, т/м³; $M(a_{кл})$, $M(b_{кл})$, $M(c_{кл})$ – моменты ожиданий длины, ширины и толщины клубня, м; $D(m_{кл})$ – дисперсия массы клубня, кг²; $\vartheta_{комб}^{(1)}, \vartheta_{комб}^{(2)}$ – скорость комбайна, м/с;

$\vartheta_{груз}^{(1)}, \vartheta_{груз}^{(2)}$ – скорости

движения груженого 1 и 2 ТС, м/с;

Рис. 1– Алгоритм расчета оптимальных параметров адаптивной модели уборки картофеля

$V_{куз}^{(1)}, V_{куз}^{(2)}$ – vehicle capacity, m³;
 $\vartheta_{пор}^{(1)}, \vartheta_{пор}^{(2)}$ – speed of movement of n empty vehicle, m/s; $t_{выг}^{(1)}, t_{выг}^{(2)}$ – the unloading time of the vehicle body, s;
 B – the width of the harvester, m; $n_{ряд}$ – the number of rows removed once,

units; S – the length of the vehicle path from the field to the place of unloading the crop, m; ρ – tuber density, t/m³; Y – potato yield, t/ha; $B_{гр}$ – the width of the bed, m; $\rho_{поч}$ – soil density, kg/m³; $M(a_{кл})$, $M(b_{кл})$, $M(c_{кл})$ – moments of expectation of the length, width and thickness of the tuber, m; $D(m_{кл})$ – the dispersion of the tuber mass, kg²;

$\vartheta_{комб}^{(1)}, \vartheta_{комб}^{(2)}$ – the speed of the combine, m/s; $\vartheta_{груз}^{(1)}, \vartheta_{груз}^{(2)}$ – the speed of movement of loaded 1 and 2 vehicles, m/s;

Полевые испытания были проведены в соответствии с методиками, приведенными в ГОСТ 28713-2018 «Машины для уборки картофеля. Методы испытаний». Комплекс техники включал: комбайн Grimme GT 170 и самосвальные тракторные прицепы 2ПТС-4,5. В качестве силовых установок использовали трактора МТЗ-82.1.

Полевые испытания были проведены при следующих условиях: сорт картофеля – «Невский»; тип почвы по механическому составу – супесчаный; влажность почвы – 17-18 %; температура воздуха – 15-18° С.

Результаты исследований и их обсуждение

С целью повышения эффективности совместной работы уборочной и транспортной техники была разработана адаптивная модель уборки картофеля, основная задача которой – подобрать такие эксплуатационные режимы техники (для конкретных моделей картофелеуборочных машин и транспортных средств, имеющихся в картофелеводческом хозяйстве) при которых в заданных условиях будет обеспечен минимальный уровень повреждений продукта. Разработанный алгоритм нахождения оптимального решения приведен на рисунке 1 [10].

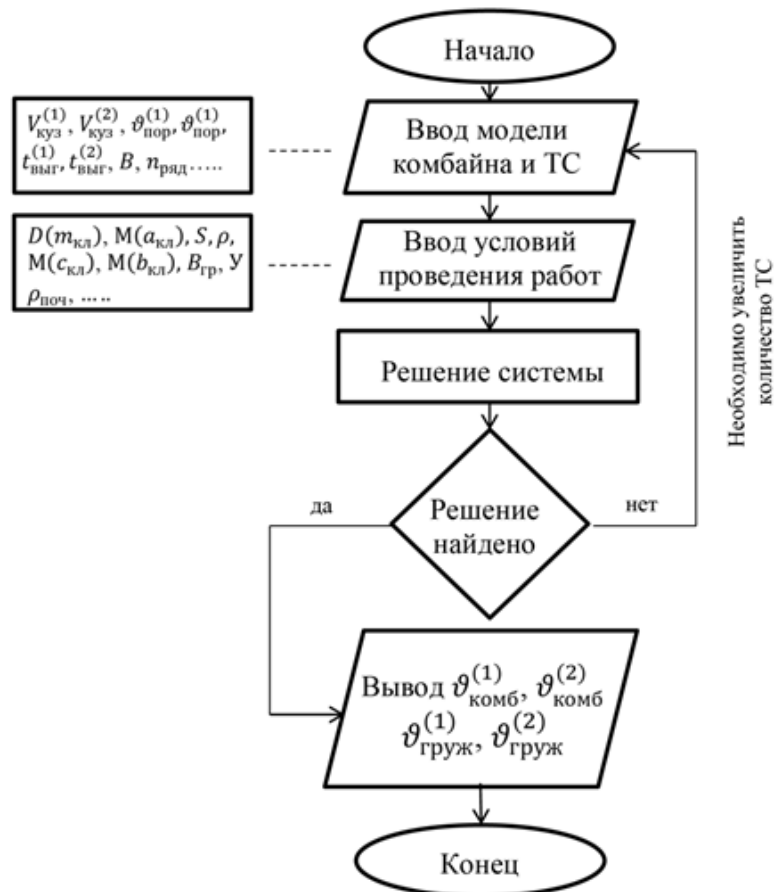


Fig. 1 – Algorithm for calculating the optimal parameters of the adaptive potato harvesting model



Вычислительный модуль адаптивной модели уборки картофеля можно условно подразделить на 2 составляющие: система ограничений (формула 1) и целевая функция минимизации повреждений клубней за полный цикл (формула 2).

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{V_{\text{куз}}^{(1)} \cdot \rho}{y \cdot \vartheta_{\text{комб}}^{(2)} \cdot B} \geq \frac{S}{\vartheta_{\text{груз}}^{(2)}} + t_{\text{выг}}^{(2)} + \frac{S}{\vartheta_{\text{пор}}^{(2)}} \\ \frac{V_{\text{куз}}^{(2)} \cdot \rho}{y \cdot \vartheta_{\text{комб}}^{(1)} \cdot B} \geq \frac{S}{\vartheta_{\text{груз}}^{(1)}} + t_{\text{выг}}^{(1)} + \frac{S}{\vartheta_{\text{пор}}^{(1)}} \\ \vartheta_{\text{комб}}^{(1,2)} \leq \vartheta_{\text{доп}}^{(1,2)} \\ \vartheta_{\text{комб}}^{(1,2)} \geq \frac{0,28 \sqrt{0,28 a \cdot B \cdot \sum l_i}}{n_{\text{ряд}} \cdot \frac{1}{2} H_{\text{под}} \cdot B_{\text{гр}} \cdot \rho_{\text{поч}}} \\ \vartheta_{\text{комб}}^{(1,2)} \leq \frac{0,28 \sqrt{0,772 a \cdot B \cdot \sum l_i}}{n_{\text{ряд}} \cdot \frac{1}{2} H_{\text{под}} \cdot B_{\text{гр}} \cdot \rho_{\text{поч}}} \\ \vartheta_{\text{груз}}^{(2)} \leq \vartheta_{\text{доп}}^{(2)} \\ \vartheta_{\text{груз}}^{(1)} \leq \vartheta_{\text{доп}}^{(1)} \end{array} \right. \quad (1)$$

где: $\vartheta_{\text{доп}}^{(1)}$, $\vartheta_{\text{доп}}^{(2)}$ – допустимая скорость движения грузового ТС, км/ч;

$\vartheta_{\text{доп}}^{(1,2)}$ – допустимая рабочая скорость комбайна, км/ч.

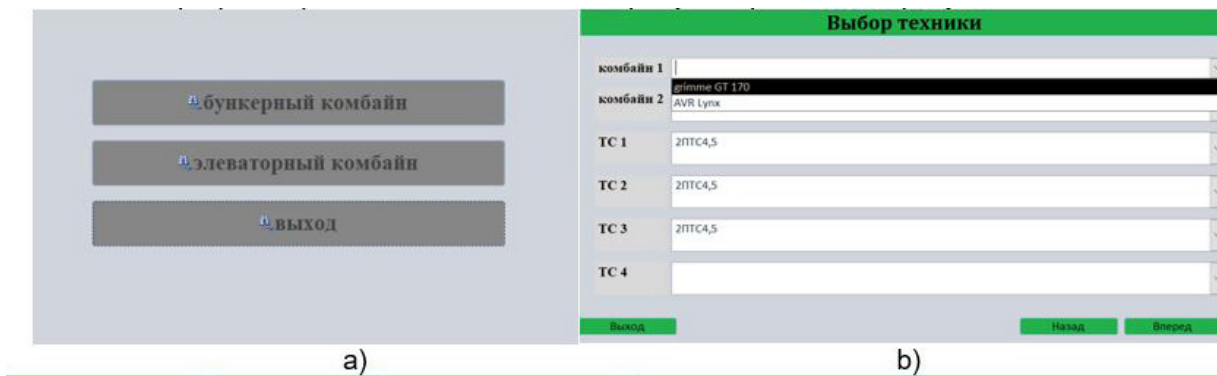
Целевая функция адаптивной модели включает несколько блоков в зависимости от количества применяемой уборочной и транспортной техники: характеризующий уровень повреждений клубней при работе картофелеуборочной машины; характеризующий уровень повреждений клубней при их транспортировке. Ниже приведен пример для случая, где использован один картофелеуборочный комбайн элеваторного типа и два тракторно-транспортных агрегата (ТТА).

$$F = 2V_{\text{куз}}^{(i)} \left[f(\vartheta_{\text{комб}}^{(i)}) + \left(\frac{\pi \cdot b_{\text{в.тр}}^2}{3H_{\text{куз}} \cdot b_{\text{куз}} \cdot L_{\text{куз}}} \left(H_{\text{куз}} + h_{\text{тр}} - \frac{\sigma_{\text{пред}}^5}{58,632 \left(\frac{E_2}{\pi} \right)^4 \cdot \rho \cdot g} - \frac{\vartheta_{\text{в.тр}}^2}{2g} \right) \right) + \frac{c_{\text{ср}}}{H_{\text{куз}} \cdot \sqrt{2\pi \cdot D(m_{\text{кл}})}} \right] \cdot \left(\int_{m_{\text{кл.макс}}}^{m_{\text{кл.макс}}} f(x) dx + \frac{\sigma_{\text{пред}}^5 \cdot \pi \cdot M(a_{\text{кл}}) \cdot M(b_{\text{кл}}) \cdot M(c_{\text{кл}})}{8588,75 \cdot \left(f(\vartheta_{\text{груз}}^{(i)}) \right)^2 \cdot \left(\frac{2E_1 \cdot E_2}{\pi \cdot (E_1 + E_2)} \right)^4} \right) + \frac{1,3 \cdot c_{\text{ср}}}{H_{\text{куз}} \cdot \sqrt{2\pi \cdot D(m_{\text{кл}})}} \int_{m_{\text{кл.макс}}}^{m_{\text{кл.макс}}} \frac{\pi \cdot M(a_{\text{кл}}) \cdot M(b_{\text{кл}}) \cdot M(c_{\text{кл}}) \cdot (\sigma_{\text{пред}})^5}{240 \cdot \left(f(\vartheta_{\text{груз}}^{(i)}) \right)^2 \cdot \left(\frac{E_2}{\pi} \right)^4} f(x) dx + \frac{\pi \cdot b_{\text{куз}}}{3H_{\text{куз}} \cdot L_{\text{куз}}} \left(h_{\text{пл}} - \frac{\sigma_{\text{пред}}^5}{58,632 \left(\frac{E_2}{\pi} \right)^4 \cdot \rho \cdot g} \right) \rightarrow \min \quad (2)$$

где: g – гравитационная постоянная, м/с²;
 $\sigma_{\text{пред}}$ – предельное напряжение для клубня, Па;
 E_1 – модуль упругости поверхности, на которую производится разгрузка, Па; E_2 – модуль упругости клубня, Па; $c_{\text{ср}}$ – усредненный размер клубня, м; $m_{\text{кл.макс}}$ – максимальная масса клубня, кг; $h_{\text{пл}}$ – перепад высот при разгрузке кузова, м; $H_{\text{куз}}$, $b_{\text{куз}}$, $L_{\text{куз}}$ – высота, ширина, длина кузова ТС, м; $b_{\text{в.тр}}$ – ширина выгрузного элеватора комбайна, м; $\vartheta_{\text{в.тр}}$ – скорость выгрузного элеватора комбайна, м/с; $h_{\text{тр}}$ – высота полотна элеватора, м; $M(m_{\text{кл}})$ – моменты ожиданий массы клубня, м; $f(x)dx$ – функция распределения массы клубня; $\vartheta_{\text{комб}}^{(1)}$ – функция, характеризующая количество повреждений клубней при работе комбайна; $\vartheta_{\text{груз}}^{(1)}$ – функция, характеризующая количество повреждений клубней при их транспортировке.

характеризующая количество повреждений клубней при их транспортировке.

Для упрощения работы с адаптивной моделью уборки картофеля была разработана программа для ЭВМ на языке программирования C#. Общий вид продукта приведен на рисунке 2.





Условия проведения работ		Вывод данных	
тип почвы	легкий суглинок	Скорость комбайна 1	5,01 км/ч
сорт картофеля	Ред Скарлет	Скорость комбайна 2	4,98 км/ч
технология посадки картофеля		Скорость груженого 1 ТС	19,2 км/ч
удаленность от хранилища, км	традиционная подвидо-листочная гриммская	Скорость груженого 2 ТС	18 км/ч
урожайность, т/га	раннеспелый картофель голландская	Скорость груженого 3 ТС	19,5 км/ч
плотность почвы, кг/л		Скорость груженого 4 ТС	

с)

d)

а – выбор типа картофелеуборочной машины; б – определение модельного ряда картофелеуборочных машин и транспортных средств; с – выбор условий проведения уборочных работ; d – вывод результатов расчета

Рис. 2 – Визуализация адаптивной модели уборки картофеля

a – selection of the type of potato harvester; b – determination of the model range of potato harvesters and vehicles; c – selection of harvesting conditions; d – output of calculation results

Fig. 2 – Visualization of an adaptive potato harvesting model

Разработанный программный продукт был апробирован в ходе полевых испытаний, проведенных в 2021 году на территории Михайловского района Рязанской области. В таблице 3 приведены полученные результаты.

Таблица 3 – Испытание адаптивной модели уборки картофеля

Характеристика	Без использования адаптивной модели	С использованием адаптивной модели
Рабочая скорость комбайна Grimme GT 170, км/ч	5,2	4,9
Скорость первого ТТА 2ПТС-4,5 (груженого), км/ч	28	28 (дорога общего пользования) 18 (грунтовая дорога)
Скорость второго ТТА 2ПТС-4,5 (груженого), км/ч	28	28 (дорога общего пользования) 18 (грунтовая дорога)
Скорость первого ТТА 2ПТС-4,5 (порожного), км/ч	32	32
Скорость второго ТТА 2ПТС-4,5 (порожного), км/ч	32	32
Доля клубней с механическими повреждениями, %	12,4	10,64

Заключение

Как показывает анализ открытых источников информации [11, 12, 13], существует множество технических решений, направленных на повышение эффективности отдельных операций уборки картофеля. Единичное или комплексное их применение положительно скажется на конечном результате. При этом даже осуществление уборочных работ исключительно при помощи серийных машин и оборудования может дать хороший результат при грамотном организационном подходе.

Опытным путем было установлено, что при уборке картофеля комбайном Grimme GT 170 и вывозе урожая с поля тракторно-транспортными агрегатами 2ПТС-4,5, применив адаптивную модель уборки картофеля, можно существенно снизить количество повреждений клубней.

Список источников

1. Машинные технологии и техника для производства картофеля / [Туболев С. С. и др.]; под общ. ред. Н. Н. Колчина. – Москва : Агроспас, 2010. – 311 с. – ISBN 978-5-904610-05-0. – EDN QLBC TZ.
2. Патент на полезную модель № 134735 U1 Российская Федерация, МПК А01D 25/04. Выкапывающий рабочий орган картофелеуборочного

комбайна : № 2013113332/13 : заявл. 27.03.2013 : опубл. 27.11.2013 / И. А. Успенский, А. А. Симдянкин, А. С. Колотов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ). – EDN HPJFPS.

3. Патент на полезную модель № 129345 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/00. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2012133070/13 : заявл. 01.08.2012 : опубл. 27.06.2013 / Г. К. Рембалович, А. А. Голиков, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ). – EDN BVYRTJ

4. Патент на полезную модель № 102171 U1 Российская Федерация, МПК А01В 76/00. Устройство для гашения энергии падающих клубней плодов картофеля : № 2010124021/21 : заявл. 11.06.2010 : опубл. 20.02.2011 / К. С. Беркасов, С. Н. Борычев, Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель ФГОУ



ВПО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. – EDN YBCPBVJ.

5. Патент на полезную модель № 194128 U1 Российская Федерация, МПК В60Р 1/28. Самосвальный кузов для перевозки легкоповреждаемой продукции : № 2019100387 : заявл. 09.01.2019 : опубл. 28.11.2019 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ). – EDN ОМУУСЦ.

6. Патент на полезную модель № 161488 U1 Российская Федерация, МПК В60Р 9/00, В60Р 1/00. Навесное перегрузочное устройство для самосвального кузова транспортного средства : № 2015145901/11 : заявл. 26.10.2015 : опубл. 20.04.2016 / О. В. Филюшин, А. А. Полункин, А. А. Голиков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ). – EDN QMURUK.

7. Пат. 191227 Российская Федерация, МПК В65D 8/14; G01N33/22. Устройство для транспортировки корнеклубнеплодов: №2019116209; заявл. 27.05.2019; опубл. 30.07.2019 / Борычев С.Н., Рябчиков Д.С., Колошеин Д.В. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ – 10 с.

8. Патент на полезную модель № 175783 U1 Российская Федерация, МПК E04H 5/08. Хранилище сельскохозяйственной продукции : № 2017116245 : заявл. 10.05.2017 : опубл. 19.12.2017 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, В. Д. Липин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего обра-

зования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN JFAVKW.

9. Патент на полезную модель № 183361 U1 Российская Федерация, МПК E04H 5/08. Хранилище сельскохозяйственной продукции : № 2018112101 : заявл. 03.04.2018 : опубл. 19.09.2018 / С. Н. Борычев, И. А. Успенский, Д. В. Колошеин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ). – EDN BRUGFP.

10. Голиков, А. А. Совершенствование уборки картофеля : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Голиков Алексей Анатольевич. – Рязань, 2022. – 292 с. – EDN SQQTJG.

11. Байметов, Р. И. Перспективы совершенствования технических средств для возделывания и уборки картофеля / Р. И. Байметов, Д. Р. Норчаев, Ж. Р. Норчаев // Техническое обеспечение сельского хозяйства. – 2020. – № 1(2). – С. 17-22. – EDN FERRHP.

12. Дорохов, А. С. Теоретические Исследования повышения качества уборки корнеплодов и картофеля сепарирующей системой, использующей теплоту отработавших газов / А. С. Дорохов, А. Г. Аксенов, А. В. Сибирев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1(57). – С. 12-17. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-1-12-17. – EDN NASAWS.

13. Технологии и машины для производства картофеля / И. Н. Гаспарян, А. Г. Левшин, И. Г. Голубев [и др.] // Картофель и овощи. – 2021. – № 9. – С. 3-8. – DOI 10.25630/PAV.2021.65.12.001. – EDN TZHGPI.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya proizvodstva kartofelya* / [Tubolev S. S. i dr.] ; pod obshch. red. N. N. Kolchina. – Moskva : Agrosbras, 2010. – 311 s. – ISBN 978-5-904610-05-0. – EDN QLBC TZ.
2. *Patent na poleznuyu model' № 134735 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01D 25/04. Vykapyvayushchij rabochij organ kartofeleuborochnogo kombajna* : № 2013113332/13 : zayavl. 27.03.2013 : opubl. 27.11.2013 / I. A. Uspenskij, A. A. Simdyankin, A. S. Kolotov [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU VPO RGATU). – EDN HPJFPS.
3. *Patent na poleznuyu model' № 129345 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01D 17/00. Separiruyushchee ustrojstvo korneklubneuborochnoj mashiny* : № 2012133070/13 : zayavl. 01.08.2012 : opubl. 27.06.2013 / G. K. Rembalovich, A. A. Golikov, D. N. Byshov [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU VPO RGATU). – EDN BVYRTJ
4. *Patent na poleznuyu model' № 102171 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01B 76/00. Ustrojstvo dlya gasheniya energii padayushchih klubnej plodov kartofelya* : № 2010124021/21 : zayavl. 11.06.2010 : opubl. 20.02.2011 / K. S. Berkasov, S. N. Borychev, N. V. Byshov [i dr.] ; zayavitel' FGOU VPO Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva. – EDN YBCPBVJ.
5. *Patent na poleznuyu model' № 194128 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK B60P 1/28. Samosval'nyj kuzov dlya perevozki legkopovrezhdaemoj produkcii* : № 2019100387 : zayavl. 09.01.2019 : opubl. 28.11.2019 / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe



uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU VO RGATU). – EDN OМУУСQ.

6. Patent na poleznuyu model' № 161488 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK B60R 9/00, B60P 1/00. Navesnoe peregruzochnoe ustrojstvo dlya samosval'nogo kuzova transportnogo sredstva : № 2015145901/11 : zayavl. 26.10.2015 : opubl. 20.04.2016 / O. V. Filyushin, A. A. Polunkin, A. A. Golikov [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU VO RGATU). – EDN QMURUK.

7. Pat. 191227 Rossijskaya Federaciya, MPK B65D 8/14; G01N33/22. Ustrojstvo dlya transportirovki korneklubneplodov: №2019116209; zayavl. 27.05.2019; opubl. 30.07.2019 / Borychev S.N., Ryabchikov D.S., Koloshein D.V. [i dr.]; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO RGATU – 10 s.

8. Patent na poleznuyu model' № 175783 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK E04H 5/08. Hranilishche sel'skohozyajstvennoj produkcii : № 2017116245 : zayavl. 10.05.2017 : opubl. 19.12.2017 / N. V. Byshov, S. N. Borychev, V. D. Lipin [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva". – EDN JFAVKW.

9. Patent na poleznuyu model' № 183361 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK E04H 5/08. Hranilishche sel'skohozyajstvennoj produkcii : № 2018112101 : zayavl. 03.04.2018 : opubl. 19.09.2018 / S. N. Borychev, I. A. Uspenskij, D. V. Koloshein [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU VO RGATU). – EDN BRUGFP.

10. Golikov, A. A. Sovershenstvovanie uborki kartofelya : special'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva" : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskix nauk / Golikov Aleksej Anatol'evich. – Ryazan', 2022. – 292 s. – EDN SQQTJG.

11. Bajmetov, R. I. Perspektivy sovershenstvovaniya tekhnicheskix sredstv dlya vzdelyvaniya i uborki kartofelya / R. I. Bajmetov, D. R. Norchaev, ZH. R. Norchaev // Tekhnicheskoe obespechenie sel'skogo hozyajstva. – 2020. – № 1(2). – S. 17-22. – EDN FERRHP.

12. Dorohov, A. S. Teoreticheskie issledovaniya povysheniya kachestva uborki korneplodov i kartofelya separiruyushchej sistemoj, ispol'zuyushchej teplotu otrabotavshix gazov / A. S. Dorohov, A. G. Aksenov, A. V. Sibirev // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2022. – № 1(57). – S. 12-17. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-1-12-17. – EDN NASAWS.

13. Tekhnologii i mashiny dlya proizvodstva kartofelya / I. N. Gasparyan, A. G. Levshin, I. G. Golubev [i dr.] // Kartofel' i ovoshchi. – 2021. – № 9. – S. 3-8. – DOI 10.25630/PAV.2021.65.12.001. – EDN TZHGPF.

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

Голиков Алексей Анатольевич, д-р техн. наук, доцент кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, golikov.rgatu@yandex.ru

Паршков Андрей Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры энергетики, технологии и сервиса Современного технического университета, parshkov83@mail.ru

Дмитриев Андрей Сергеевич, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, sisim62@mail.ru

Подъяблонский Алексей Валерьевич, канд. техн. наук, ст. препод. кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы Академии ФСИН России, podyablonskiy62@mail.ru

Author information

Golikov Alexey A., doctor Associate Professor of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, golikov.rgatu@yandex.ru

Parshkov Andrey V., candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy, Technology and Service of the Modern Technical University, parshkov83@mail.ru

Dmitriev Andrey S., postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, sisim62@mail.ru

Podyablonskiy Alexey V., candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Logistics of the Penal Enforcement System of the Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, podyablonskiy62@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.05.2023; одобрена после рецензирования 02.06.2023; принята к публикации 05.06.2023

The article was submitted 03.05.2023; approved after reviewing 02.06.2023; accepted for publication 05.06.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №2, с.111-118
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №2, pp. 111-118

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 334.012.23
DOI: 10.36508/RSATU.2023.79.63.015

**АНАЛИЗ ОПАСНОСТЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ,
ОКАЗЫВАЮЩИХ РЕМОНТНЫЕ УСЛУГИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ**

Геннадий Ильич Грозовский¹, Татьяна Анатольевна Левина², Альбина Джадитовна Шаипова³, Дмитрий Евгеньевич Каширин⁴, Анатолий Яковлевич Клочков⁵✉

^{1,2,3}Московский политехнический университет, Москва, Россия

^{4,5}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,
г. Рязань, Россия

¹grozgi@mail.ru

²gta03@mail.ru

³albinashaipova58@gmail.com

⁴kadm76@mail.ru

⁵klochkov500@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования является анализ опасностей, с которыми сталкиваются малые предприятия, оказывающие ремонтные услуги сельскохозяйственной технике, а также определение тяжести последствий этих опасностей и предложение компенсирующих мероприятий с использованием обратной связи в иерархии отношений организации.

Методология. На примере предприятия, оказывающего ремонтные услуги сельскохозяйственной технике, был проведен анализ возможных опасностей, которые могут повлечь неустойчивое функционирование.

Результаты. В результате проведенной работы выявлены наиболее опасные угрозы и предложены компенсирующие мероприятия, снижающие угрозы и опасности. Для определения компенсирующих мероприятий и обратных связей на предприятии была разработана модель взаимодействий сотрудников.

Заключение. В процессе исследования определена дальнейшая работа по созданию устойчивого адаптивного предприятия, в ходе которой предстоит создание структуры обратных связей на каждом уровне иерархии и между уровнями, определение роли руководителя предприятия и т.д.

Ключевые слова: риски, малые предприятия, бизнес, угрозы, опасности

Для цитирования: Грозовский Г.И., Левина Т.А., Шаипова А.Д., Каширин Д.Е., Клочков А.Я. Анализ опасностей и их влияние на работоспособность малых предприятий, оказывающих ремонтные услуги сельскохозяйственной технике // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №2. С.111-118 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.79.63.015>

Original article

**ANALYSIS OF HAZARDS AND THEIR IMPACT ON THE EFFICIENCY OF SMALL ENTERPRISES
PROVIDING REPAIR SERVICES TO AGRICULTURAL MACHINERY**

Gennady I. Grozovsky¹, Tatiana A. Levina², Albina D. Shaipova³, Dmitry E. Kashirin⁴, Anatoly Ya. Klochkov⁵✉



^{1,2,3} Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

^{4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

¹grozg@mail.ru

²gta03@mail.ru

³albinashaipova58@gmail.com

⁴kadm76@mail.ru

⁵klochkov500@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of this study is to analyze the dangers faced by small enterprises providing repair services to agricultural machinery, as well as to determine the severity of the consequences of these dangers and propose compensating measures using feedback in the hierarchy of the organization's relationships.

Methodology. Using the example of an enterprise providing repair services for agricultural machinery, an analysis of possible hazards that may affect unstable functioning.

Results. As a result of the work carried out, the most dangerous threats were identified and compensating measures were proposed to reduce threats and dangers. To determine compensating measures and feedback from the participants of the enterprise, a hierarchy of relations scheme was developed.

Conclusion. In promotion of the study, further work on the creation of a resilience adaptive enterprise is determined, during which it is necessary to create a feedback structure at each level of the hierarchy and between levels, the role of the head of the enterprise, etc.

Key words: risks, small enterprises, business, threats, dangers.

For citation: Grozovsky G.I., Levina T.A., Shaipova A.D., Kashirin D.E., Klochkov A. Ya. Analysis of hazards and their impact on the efficiency of small enterprises providing repair services to agricultural machinery// Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol.15, No. 2. p. 111-118 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.79.63.015>

Введение

Деятельность малых предприятий является очень рискованным по ведению бизнеса [1-3]. Это связано с тем, что маленькие размеры предприятий, оказывающие ремонтные услуги сельскохозяйственной технике, не позволяют создать необходимую структуру для обеспечения устойчивости к кризисам [4]. Также предприятия имеют недостаточную рыночную силу в отношении покупателей и поставщиков [5]. Эти компании, обычно, имеют недостаточно развитую систему корпоративного контроля и открытость инвесторов [5-10]. В 2022 г. и 2023 г. риски в сегменте малого предпринимательства повышены по сравнению с периодами с благоприятным циклом экономического развития [11-13]. В связи с этим мы провели исследование, цель которого – определить опасности, с которыми сталкиваются малые предприятия [13-17], а также определить тяжесть последствий и предложить компенсирующие мероприятия используя обратные связи в иерархии организации [4,5,9,14-17].

Материалы и методы исследования

Наиболее опасными угрозами [1,3-6], с которыми столкнулись малые предприятия (на примере предприятия, оказывающего ремонтные услуги сельхозтехники) в течение 2022 года являются: снижение спроса на товары и услуги, ужесточение политики кредитования банками, потеря ключевых поставщиков и партнеров, потеря ключевого персонала, угрозы связанные с логистикой, рост мошенничества, увеличение сроков оплаты счетов покупателями. Причина возникновения этих опасностей обусловлено новыми экономическими потрясениями. Данный феномен связан с введением санкций, падением курса рубля и прочими

экономическими проблемами, возникшими в 2022 году.

Рассмотрим упомянутые выше опасности и определим причины их возникновения [11-14]. Снижение потребления товаров и услуг связано с сокращением имеющихся денежных средств населения, переходом на «сберегающую модель». Второй фактор снижения спроса - снижение активности юридических покупателей, а именно крестьянских (фермерских) хозяйств, малых сельскохозяйственных организаций, индивидуальных предпринимателей, занимающихся животноводством и выпуском сельскохозяйственной продукции, личных подсобных хозяйств и др.

Причиной уменьшения рентабельности малого бизнеса является уменьшение покупательной способности бизнеса в целом и населения в условиях снижения экономических активностей [4,5,11,13]. При этом выросли цены на сырье, материалы и комплектующие в условиях дефицита предложений, которое возникло на фоне санкций. В условиях резкого спроса перенос цен на сырье на покупателя невозможен, что отрицательно сказывается на эффективности предприятия [14,16].

Из-за санкций компаниям приходится переключаться на альтернативных поставщиков дружественных стран и заниматься импортозамещением [4,5]. Как правило, новые поставщики предоставляют худшие условия оплаты, чем традиционные партнеры [13]. Также санкции приводят к невозможности использовать традиционные пути доставки товаров из-за рубежа или удорожание логистики при переключении на альтернативных поставщиков.

В условиях кризиса банки ужесточают требова-



ния к кредитному качеству заемщика и усложняют условия предоставления кредитов [11]. В первую очередь требования ужесточаются именно к предприятиям малого сельскохозяйственного бизнеса, поскольку: они не имеют достаточного имущества для залога под предоставленные обязательства и предположения в финансовых моделях малого предприятия заемщика обладают большим количеством неопределенностей [13].

Частичная мобилизация, а также повышенная миграция в сопредельные страны может вызвать потерю ключевого персонала, невозможность продолжения предпринимательской деятельности владельцем и, как следствие, нарушение непрерывности деятельности бизнеса [14].

Потребители продукции малого бизнеса могут

увеличивать сроки оплаты уже поставленной продукции, тем самым увеличивая риски кассовых разрывов и ликвидности предприятия [4,5,8].

Экономические трудности и повышенные геополитические риски влекут за собой рост мошенничества и фиктивных сделок, что увеличивает вероятность банкротства малых компаний [1,7,8].

Результаты исследований и их обсуждение

С учетом сложившихся обстоятельств [1,4,5] выделим основные угрозы малых предприятий, оказывающих ремонтные услуги сельскохозяйственной технике, с которыми сталкиваются предприятия, определим частоту проявления этих опасностей, тяжесть последствий, мероприятия по уменьшению рисков и для наглядности оформим в таблицу 1:

Таблица 1 – Определение основных опасностей у малых предприятий, частоты проявления опасностей, тяжести последствий, мероприятий по уменьшению рисков

Обозначение угрозы	Опасность	Частота проявления опасности	Последствия	Мероприятия по уменьшению рисков
1	Низкий профессиональный уровень руководителя	Очень редко	Быстрое банкротство Ликвидация Неплатежеспособность	Обучение Консультация специалистов
2	Низкий профессиональный уровень кадров	Очень редко	Частые ошибки персонала, которые могут привести к катастрофическим последствиям	Обучение Тщательный подбор персонала
3	Высокий уровень текущей кадры	Часто	Трата времени на обучение	Разработка системы материальной мотивации Тщательно подбирать персонал
4	Нарушение трудовой дисциплины	Редко	Потеря времени Застой	Мотивация, штрафы
5	Мошенничество сотрудников	Редко	Потеря клиентской базы, передача важной информации конкурентам	Увольнение недобросовестных сотрудников, тщательное хранение информации
6	Отток квалифицированных кадров	Редко	Поиск новых сотрудников, потеря времени на поиск и обучение	Мотивация Поощрения
7	Низкая компетентность кадров	Часто	Время на обучение, много ошибок, увеличение сроков	Целевое обучение
8	Аварии, пожары, взрывы	Очень редко	Потеря всего имущества. Угроза здоровью и жизни людей. Банкротство. Долги	Инструктаж работников по технике безопасности. Ликвидация возможных очагов
9	Вывод из строя оборудования	Редко	Потеря времени на ремонт	Своевременный ремонт оборудования
10	Недоработка стратегического и тактического плана	Часто	Быстрое банкротство	Грамотное ведение, привлечение специалистов для консультации
11	Хищение материальных средств	Редко	Время и средства для восстановления	Видеонаблюдение Мероприятия по хранению особо ценного имущества
12	Низкий уровень качества материалов и оборудования	Иногда	Быстрый выход из строя конечного продукта	Повышение цен Выбор поставщиков



Продолжение таблицы 1

13	Ошибка персонала	Часто	Угроза здоровью и жизни Выход из строя оборудования. ЧС	Штрафы Пере проверка
14	Низкий уровень заработной платы и социального пакета сотрудников	Часто	Хищение материальных средств Текучесть кадров	Мотивация Поощрения Теплый климат Премии
15	Недобросовестность работников	Иногда	Поломка оборудования Небезопасная эксплуатация техники	Мотивация или штрафы Тщательный подбор Пере проверка
16	Чрезвычайные ситуации природного технического характера	Очень редко	Повреждение зданий, помещений Порча имущества	Своевременный ремонт
17	Изменение законодательства	Часто	Штрафы и пени	Мобильность Постоянный мониторинг Обучение
18	Макроэкономические потрясения (дефицит бюджета, инфляция, колебание курса валют, санкции...)	Редко	Санкции - Потеря иностранных поставщиков и сырья	Выбор отечественных поставщиков
19	Неплатежеспособность по кредитам	Иногда	Пени. Задержка с з/п работников	Резервный капитал. Грамотная бухгалтерия
20	Отсутствие прибыли	Редко	Невыплата заработной платы в сроки Неплатежеспособность по кредитам Банкротство	Сокращение кадров Резервный капитал
21	Недоступность кредитных ресурсов	Редко	Трудность получения кредита Прекращение работы Долги Банкротство	Резервный капитал Страхование имущества
22	Недостаток ресурсов для устранения ущерба	Часто	Увеличение долгов	Резервный капитал
23	Низкое качество продукции	Редко	Быстрый выход из строя Плохие отзывы	Замена на более качественные детали Повышение цены конечного продукта
24	Потеря денежных средств	Очень редко	Неплатежеспособность по кредитам. Задержка заработной платы.	Своевременная минимизация Грамотный выбор налоговой политики
25	Отсутствие стратегии маркетинга, производства, продаж, рациональная структура, целевой рынок	Очень редко	Отсутствие продаж. Неплатежеспособность. Банкротство	Разработка стратегического плана. Привлечение специалистов. Изучение целевого рынка
26	Плохие отзывы	Редко	Плохая репутация. Отток клиентов.	Взаимодействие с клиентами Качественный продукт.
27	Сбой IT систем	Очень редко	Утечка информации. Время для налаживания	Резервное оборудование
28	Заражение компьютерных систем предприятия различного рода вирусами	Очень редко	Потеря документации. Время на восстановление документации	Антивирусные программы



К внутренним опасностям предприятия [11,13] относят такие виды опасностей как низкий профессиональный уровень кадров, текучесть кадров, нарушение дисциплины, ошибки персонала и т.д. При проведении анализа было определено, что мелкие ошибки персонала могут повлечь катастрофические последствия, и также большие ошибки - незначительные последствия [4]. Например, недобросовестно прикрученная гайка на колесе самоходного транспортного средства может привести к неисправности колеса, что может спровоцировать аварию при эксплуатации и причинить вред жизни и здоровью водителю, и людям, находящимся рядом с техникой.

Финансовые риски [11-14] малых предприятий – это неплатежеспособность по кредитам, отсутствие прибыли, недоступность кредитных ресурсов, потеря денежных средств. Данные угрозы влекут за собой трудности получения кредита, долги, банкротство.

Существуют, а также имеют значение стратегические риски они проявляются в отсутствие стратегии маркетинга, производства, продаж, рациональной структуры [1,11,12]. Эти опасности ведут за собой отсутствие продаж, потерю клиентов, быстрое банкротство. Мероприятия, которые возможно предложить при данных угрозах – это разработка стратегического плана, привлечение специалистов, если самостоятельно не удастся, изучение целевого рынка [2,14,16].

Для понимания приемлемости риска и оценки тяжести последствий используем существующую в литературе матрицу рисков. В случае если риск определяется неприемлемым, то необходимы дополнительные мероприятия, которые устранят, либо уменьшат вероятность возникновения опасности [6,8-11]. Если риск приемлемый, то разрабатываются методики по применению в работе предприятия [4-6].

Таблица 2 – Матрица рисков

Частота угроз	5	Очень часто					
	4	Часто		3	7, 14, 17, 22	10,13	
	3	Иногда			12	15,19	
	2	Редко		4, 9	5, 6, 11, 16, 18, 23, 26	20, 21	
	1	Очень редко		27, 28	2, 25,	1, 8, 24	
			Ничтожная	Незначительная	Значительная	Опасная	Катастрофическая
		1	2	3	4	5	
Тяжесть последствий							
Риск приемлемый, мероприятий не требует			Риск приемлемый, при условии разработки мероприятий			Риск неприемлемый	
4, 9, 27, 28, 2, 25, 1, 8, 24			3, 7, 14, 17, 22, 12, 5, 6, 11, 16, 18, 23, 26, 15, 19, 20, 21			10,13	

Из матрицы рисков (числа из таблицы 1) видим, что риски под обозначениями 4, 9, 27, 28, 2, 25, 1, 8, 24 приемлемы и мероприятий по ним не требуется. Опасности – 3, 7, 14, 17, 22, 12, 5, 6, 11, 16, 18, 23, 26, 15, 19, 20, 21 приемлемы, но требуют дополнительные мероприятия, для устранения или минимизации рисков. А опасности 10, 13 – неприемлемые и требуют дополнительных мероприятий, проработки и изучения скрытых опасностей.

Чтобы определить мероприятия требуется разработать структуру иерархии предприятия (рис. 1) и оценить обратные связи на каждом уровне. Для уменьшения рисков будут применяться компенсирующие мероприятия. Для этого необходимо применить процессный подход СМК, также контроль качества на каждом этапе.

Например, сварщик, находящийся рядом с бензобак может спровоцировать взрыв, но мастер должен предупредить об этой угрозе и попросить работника поменять место сварки на более без-

опасное или же укрыть бензобак от предполагаемой опасности. Эта ситуация описывает обратную связь в иерархии отношений и предлагает мероприятие по снижению угрозы при помощи компенсирующего мероприятия.

Низкий уровень заработной платы может привести к текучести кадров и преступлениям персонала, чтобы избежать неприятных ситуаций работодатель должен продумать ряд мероприятий для минимизации этих опасностей. Компенсирующими мероприятиями могут выступить мотивация персонала, поощрения, теплый климат, премии.

Малые сельскохозяйственные предприятия в последнее время испытывают сложности в том числе из-за форс мажорных обстоятельств. Из этого следуют угрозы и риски для функционирования предпринимательства. Многие малые предприятия переходят в стадию банкротства. Для того, чтобы малый бизнес был устойчив, необходимо определить все возможные опасности, оце-



нить тяжесть последствий и предпринять меры по устранению угроз.

Для этого необходимо создать устойчивое и адаптивное предприятие к изменению внутренних и внешних опасностей. Необходимо предложить мероприятия по уменьшению риска, которые основываются на наличии обратной связи [4,5,11,13,14].

Чтобы достичь необходимого результата нужно придерживаться трех условий: поставленных целей, иерархии структуры организации, обратные связи между единицами структуры.

Без структуры иерархии сложна система успешного управления организацией. Рабочий в процессе работы не видит, как работает другой рабочий и соответственно не может, предупредить об ошибке или предотвратить опасность. Руководитель предприятия видит больше (big picture). Иерархия отношений необходима для адаптивной системы управления. Более высокий уровень ие-

рархии работников заметит, как работает более низкий и включается в работу при необходимости тем самым активируя обратные связи [1,14].

Обратные связи [3] внутри малого предприятия должны существовать непрерывно для минимизации рисков и уменьшения частоты проявления угроз и предотвращения возможных опасностей. Для этого необходимо разработать инструкции по работе, ремонту, техники безопасности и следовать данным инструкциям. Необходимо разработать должностные обязанности для менеджеров с целью установления обратных связей при отказах оборудования и ошибках персонала [5,16].

Например, на рабочем месте рабочий случайно пролил бензин, в данном случае обратная связь будет от мастера, который отвечает за пожарную безопасность на рабочем месте.

Нет необходимости наказывать рабочего, нужно проводить регулярные обучения и тренировки под руководством мастера.

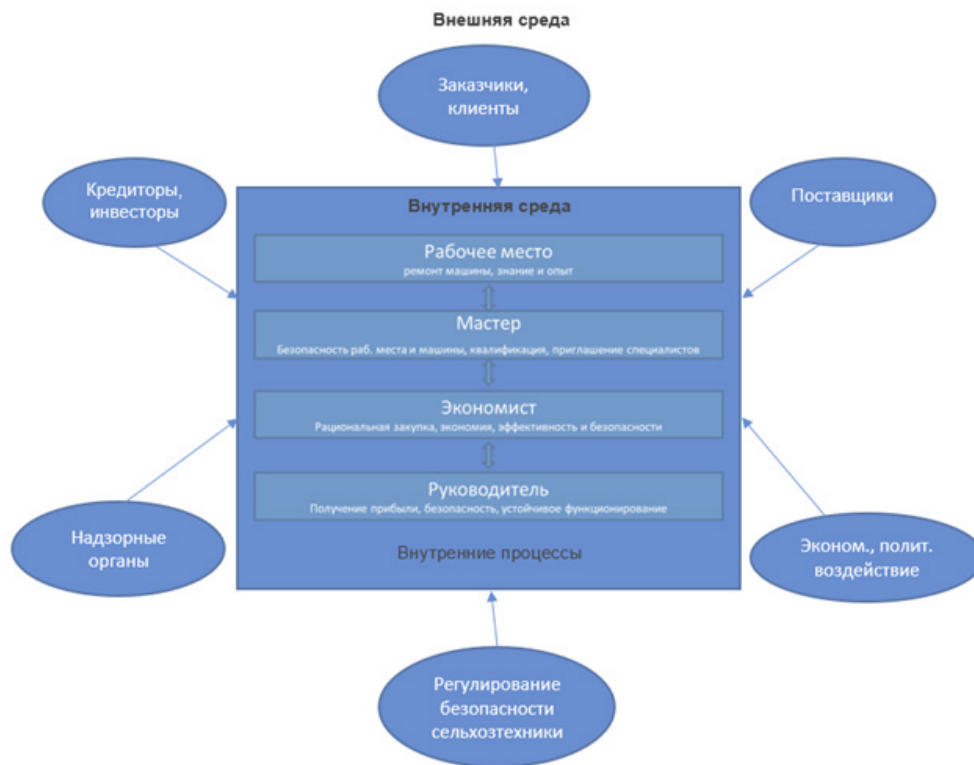


Рис.1 – Схема иерархии отношений на предприятии
Fig.1– Scheme of the hierarchy of relations in the enterprise

Заключение

Для обеспечения устойчивого состояния предприятия, необходимого для достижения поставленных целей: качественной работы, безопасности людей, прибыли, необходимо:

1. Проводить постоянно анализ опасностей и их последствий на работу предприятия;
2. Разрабатывать компенсирующие мероприятия для достижения приемлемого уровня риска;
3. Придерживаться иерархической структуры предприятия.

Дальнейшая работа по созданию устойчивого адаптивного предприятия [1,4,5,7] по ремонту сельскохозяйственной техники состоит в создании структуры обратных связей на каждом уровне иерархии и между уровнями, роли руководителя предприятия и т.д.

Список источников

1. Клочков А.Я. Оценка и анализ факторов внутренней и внешней среды, влияющих на систему менеджмента качества интегрированной корпоративной структуры. Клочков А.Я., Левина Т.А. // Вестник Тверского государственного университе-



та. Серия: Экономика и управление. 2015. № 2. С. 177-187.

2. Коваленко В.В. Автоматизация основных функций систем менеджмента качества Коваленко В.В., Клочков А.Я., Левина Т.А. Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. № 7. С. 107-114.

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

4. Францева-Костенко Е.Е. Основные категории угроз и факторы риска экономической безопасности предприятия малого бизнеса /Францева-Костенко Е.Е. // Научный журнал «Globus». – 2021. – Т.7. – № 2(59) – С. 52-54.

5. Katanaeva M.A., Grozovsky G.I. Risk-oriented thinking in the quality management system of an organization / Katanaeva M.A., Grozovsky G.I., Lartseva T.A.; Vyacheslavova O. F, Parfanyeva I.E. // Revista inclusiones issn 0719-4706 v.7 – №1– 2020. – С. 310-317.

6. Ершов Д.С. Цифровая метрология: общие положения. Ершов Д.С., Левина Т.А., Савостикова О.Г., Носкова В.Е. Москва, 2022, -85с.

7. Глухих Т.А. Обучение на основе науки. Глухих Т.А., Клочков А.Я. В мире научных открытий. №1-2(7) часть 2 2010г. С.204-207.

8. Клочков А.Я. Методика проведения метрологической экспертизы технической документации. Клочков А.Я., Лунькина Т.Г. Мир измерений. 2018. № 3. С. 36-40.

9. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Текст]. - Введ. 1982-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 2004. - 22с.

10. Абрамов О.К. Погрешности цифровых средств измерений и интеллектуальных изме-

рительных систем при наличии шумов и помех. Абрамов О.К., Клочков А.Я., Сафонов П.В. // Вестник РГРТУ. 2011. № 35. С. 47-54.

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

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

13. Борисова Д.В. Риски реализации инновационной стратегии предприятия. Борисова Д.В., Левина Т.А. // Журнал социологических исследований. 2019. Т.5 №4. С.32-38.

14. Салимова Т.А. Особенности документирования СМК интегрированных корпоративных структур. // Салимова Т.А., Бирюкова Л.И., Маколов В.И., Левина Т.А. Экономика и предпринимательство. 2016. №11-3(76). С.800-804.

15. Бышов, Д. Н. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: моделирование процесса растворения перги в воде при интенсивном механическом перемешивании / Д. Н. Бышов, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 2(143). – С. 150-156. – EDN PQCCDL.

16. Глухих М.А. Управление проектом в рыночных условиях. Глухих М.А., Глухих Т.А. Сертификация. 2007. №1. С.25-28.

17. Патент № 2672403 С1 Российская Федерация, МПК А01К 59/06. Установка для очистки воскового сырья : № 2018104393 : заявл. 05.02.2018 : опубл. 14.11.2018 / Д. Н. Бышов, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов, А. А. Петухов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN ZSAWBF.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Klochkov A.YA. Otsenka i analiz faktorov vnutrenney i vneshney sredy, vliyayushchikh na sistemu menedzhmenta kachestva integrirovannoy korporativnoy struktury. Klochkov A.YA., Levina T.A. // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravleniye. 2015. № 2. S. 177-187.

2. Kovalenko V.V. Avtomatizatsiya osnovnykh funktsiy sistem menedzhmenta kachestva Kovalenko V.V., Klochkov A.YA., Levina T.A. Nauka i obrazovaniye: nauchnoye izdaniye MGTU im. N.E. Baumana. 2016. № 7. S. 107-114.

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

4. Frantseva-Kostenko Ye.Ye. Osnovnyye kategorii ugroz i faktory riska ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya malogo biznesa /Frantseva-Kostenko Ye.Ye. // Nauchnyy zhurnal «Globus». – 2021. – Т.7. – № 2(59) – S. 52-54.

5. Katanaeva M.A., Grozovsky G.I. Risk-oriented thinking in the quality management system of an organization / Katanaeva M.A., Grozovsky G.I., Lartseva T.A.; Vyacheslavova O. F, Parfanyeva I.E. // Revista inclusiones issn 0719-4706 v.7 – №1– 2020. – S. 310-317.

6. Yershov D.S. Tsifrovaya metrologiya: obshchiye polozheniya. Yershov D.S., Levina T.A., Savostikova O.G., Noskova V.Ye. Moskva, 2022, -85s.

7. Glukhikh T.A. Obucheniye na osnove nauki. Glukhikh T.A., Klochkov A.YA. V mire nauchnykh otkrytiy.



№1-2(7) chast' 2 2010g. S.204-207.

8. Klochkov A.YA. Metodika provedeniya metrologicheskoy ekspertizy tekhnicheskoy dokumentatsii. Klochkov A.YA., Lun'kina T.G. Mir izmereniy. 2018. № 3. S. 36-40.

9. GOST 16504-81. Sistema gosudarstvennykh ispytaniy produktsii. Ispytaniya i kontrol' kachestva produktsii. Osnovnyye terminy i opredeleniya [Tekst]. - Vved. 1982-01-01. - M.: Izd-vo standartov, 2004. - 22s.

10. Abramov O.K. Pogreshnosti tsifrovyykh sredstv izmereniy i intellektual'nykh izmeritel'nykh sistem pri nalichii shumov i pomekh. Abramov O.K., Klochkov A.YA., Safonov P.V. // Vestnik RGRTU. 2011. № 35. S. 47-54.

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

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

13. Borisova D.V. Riski realizatsii innovatsionnoy strategii predpriyatiya. Borisova D.V., Levina T.A. // Zhurnal sotsiologicheskikh issledovaniy. 2019. T.5 №4. S.32-38.

14. Salimova T.A. Osobennosti dokumentirovaniya SMK integrirovannykh korporativnykh struktur. // Salimova T.A., Biryukova L.I., Makolov V.I., Levina T.A. Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2016. №11-3(76). S.800-804.

15. Byshov, D. N. K voprosu ochistki voskovogo syr'ya ot zagryazneniy: modelirovaniye protsessa rastvoreniya pergi v vode pri intensivnom mekhanicheskom peremeshivanii / D. N. Byshov, D. Ye. Kashirin, V. V. Pavlov // Vestnik KrasGAU. – 2019. – № 2(143). – S. 150-156. – EDN PQCCDL.

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

17. Patent № 2672403 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01K 59/06. Ustanovka dlya ochistki voskovogo syr'ya : № 2018104393 : zayavl. 05.02.2018 : opubl. 14.11.2018 / D. N. Byshov, D. Ye. Kashirin, V. V. Pavlov, A. A. Petukhov ; zayavitel' Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya "Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet imeni P.A. Kostycheva". – EDN ZSAWBF.

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

Грозовский Геннадий Ильич, д-р техн. наук, профессор кафедры стандартизации, метрологии и сертификации, Московский политехнический университет, grozg@mail.ru

Левина Татьяна Анатольевна, канд. экон. наук, доцент кафедры стандартизации, метрологии и сертификации, Московский политехнический университет, gta03@mail.ru

Шаипова Альбина Джадитовна, аспирант кафедры стандартизации, метрологии и сертификации, Московский политехнический университет, albinashaipova58@gmail.com

Каширин Дмитрий Евгеньевич, д-р техн. наук, доцент кафедры электроснабжения, ФБГУ ВО РГАТУ, kadm76@mail.ru

Клочков Анатолий Яковлевич, канд. техн. наук, доцент кафедры электроснабжения, ФБГУ ВО РГАТУ, klochkov500@mail.ru

Author information

Grozovsky Gennady I., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification, Moscow Polytechnic University

Levina Tatiana A., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification, Moscow Polytechnic University

Shaipova Albina D., Postgraduate student of the Department of Standardization, Metrology and Certification, Moscow Polytechnic University

Kashirin Dmitry E., doctor. Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Power Supply, FBGU VO RGATU, kadm76@mail.ru

Klochkov Anatoly Ya., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Power Supply, FBGU VO RGATU, klochkov500@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.05.2023; одобрена после рецензирования; принята к публикации

The article was submitted 01.05.2023; approved after reviewing 31.05.2023; accepted for publication 05.06.2023



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, № 2, с 119-124
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №2, pp 119-124

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.347.084.13
DOI: 10.36508/RSATU.2023.72.87.016

**ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МАШИНЫ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ НА СКЛОНОВЫХ УЧАСТКАХ**

Евгений Юрьевич Евсеев¹✉, Анатолий Иванович Рязанцев², Георгий Константинович Рембалович³, Алексей Олегович Антипов⁴, Игорь Александрович Мурог⁵

^{1, 4.} Государственный социально-гуманитарный университет, г.о. Коломна, Россия

^{2, 3.} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

⁵Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г.Рязань, Россия

¹ evseev.evgeniy.1995@mail.ru

²ryazantsev.41@mail.ru

³rgk.rgatu@yandex.ru

⁴antipov.aleksei2010@yandex.ru

⁵rsu@365.rsu.edu.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью данного исследования являлась проверка расчетных параметров регулирования распыла струи разбрызгивателей рассекателем, определяющим снижение максимальной интенсивности подачи рабочего раствора при возделывании пропашных культур.

Методология. В статье рассматривается целесообразность использования рассекателей стержневого типа на разбрызгивателях многофункциональных машин кругового действия при работе на склоновых участках. Обосновывается величина внедрения винта рассекателя в струю разбрызгивателя при внесении рабочего раствора, ограничиваемая максимально допустимым уменьшением радиуса обработки, которая по агротехническим требованиям составляет до 0,6 м.

Результаты. В экспериментальных исследованиях выполнялась проверка расчетных параметров регулирования распыла струи разбрызгивателей рассекателем, что является определяющим показателем снижения максимальной интенсивности подачи рабочего раствора за счет повышения равномерности его распределения. Как следствие, увеличивается несущая способность почвы и, в конечном счете, производительность работы машины. При этом оценивалось допустимое уменьшение радиуса обработки.

Заключение. Результаты данного исследования показали, что снижение средней интенсивности подачи рабочего раствора до 0,2 мм/мин обеспечивается увеличением, в 1,5-2 раза мгновенной площади обработки за счет распыла струи, при внедрении в нее на 0,3 диаметра сопла стержневого рассекателя. Отмеченное позволило, за счет повышения несущей способности почвы, исключить буксование ходовых систем машины (срабатывание аварийной защиты) и, в конечном счете, увеличить ее производительность на 15-17 %.

Ключевые слова: производительность, многофункциональная машина, интенсивность подачи, рассекатель, распыл струи, несущая способность

Для цитирования: Евсеев Е.Ю., Рязанцев А.И., Рембалович Г.К., Антипов А.О., Мурог И.А. Технические решения по повышению производительности многофункциональной машины кругового действия на склоновых участках // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т 15, № 2, С. 119-124 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.72.87.016>



Original article

TECHNICAL SOLUTIONS TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF A MULTIFUNCTIONAL CIRCULAR MACHINE ON SLOPING AREAS**Evgeny Yu. Evseev¹, Anatoly I. Ryazantsev², Georgy K. Rembalovich³, Alexey O. Antipov⁴, Igor A. Murog⁵**^{1, 4}. State Social and Humanitarian University, Kolomna, Russia^{2, 3}. Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia⁵ Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Ryazan, Russia¹ evseev.evgeniy.1995@mail.ru² ryazantsev.41@mail.ru³ rgk.rgatu@yandex.ru⁴ antipov.aleksei2010@yandex.ru⁵ rsu@365.rsu.edu.ru**Abstract.**

The problem and the goal. The purpose of this study was to check the design parameters of the spray jet spray control, a divider that determines the reduction of the maximum intensity of the working solution supply during the cultivation of row crops.

Methodology. The article considers the expediency of using rod-type dividers on sprinklers of multifunctional circular-acting machines when working on sloping areas. The value of the introduction of the divider screw into the spray jet when applying the working solution is justified, limited by the maximum allowable value of reducing the processing radius, which, according to agrotechnical requirements, is up to 0.6 m.

Results. As a result of experimental studies, the calculated parameters of spray control of the spray jet were checked by a divider, which is a determining indicator of reducing the maximum intensity of the working solution supply, by increasing its uniformity of distribution, as a consequence, increasing the bearing capacity of the soil and ultimately the productivity of the machine. At the same time, the permissible reduction of the processing radius was estimated.

Conclusion. The results of this study showed that a decrease in the average intensity of the working solution supply to 0.2 mm/min is provided by an increase, 1.5 – 2 times, of the instantaneous processing area, due to the spray jet, when the nozzle diameter of the rod divider is introduced into it by 0.3. This made it possible, by increasing the bearing capacity of the soil, to eliminate the slipping of the running systems of the machine (triggering emergency protection) and, ultimately, to increase its productivity by 15 - 17%.

Key words: productivity, multifunctional machine, feed rate, divider, spray jet, bearing capacity.

For citation: Evseev E.Yu., Ryazantsev A.I., Rembalovich G. K., Antipov A.O., Murog I.A. Technical solutions to improve the performance of a multifunctional circular machine on sloping areas // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2, P. 119-124 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.72.87.016>

Введение

По результатам аналитических исследований уменьшение производительности работы многофункциональных машин кругового действия (на базе «Кубань-ЛК1») при работе на склоновых участках происходит за счет снижения опорно-сцепных свойств самоходных тележек в концевой части [3,4]. Снижение происходит из-за переувлажнения почвенной поверхности, что вызывает интенсивное буксование ходовых систем машины, ведущее, в конечном счете, к изгибу трубопровода и срабатыванию аварийной защиты (рис. 1). Указанный недостаток отражается на уменьшении коэффициента использования времени смены (K_{CM}), а соответственно на нарушении технологии работы машины [7, 8, 11, 14, 16].

Например, производительность базовой модификации многофункциональной машины на базе «Кубань-ЛК1» (10 тележек) за десятичасовую смену составляет около 3,9 га ($Q = 25$ л/с, $m = 500$ м³/га), а при аварийных остановках (в среднем от 2 до 4) снижается до 3,2 га. или на 18 % [2, 5, 6].



Рис. 1 – Изгиб трубопровода многофункциональной машины кругового действия

Fig. 1 – Bending of the pipeline of a multifunctional circular machine

Исследовательская часть

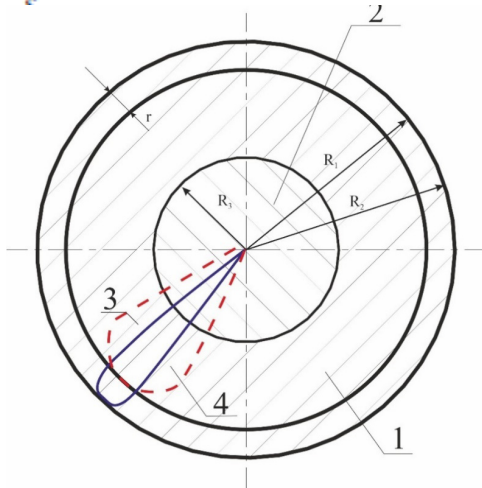
Безстоковая обработка почвы в концевой части многофункциональной машины обеспечивается уменьшением, посредством регулятора (па-



тент на изобретение РФ №2770811), расхода до 1,6-1,7 л/с (снижением интенсивности внесения рабочего раствора с 0,4 до 0,3 мм/мин) (патент РФ №2770811) [9, 12, 13, 15]. Дальнейшее снижение подачи раствора до 0,2 мм/мин, и, как следствие, надежное обеспечение опорно-сцепных свойств машины можно обеспечить посредством увеличения эффективно обработанной площади круга (выражение 1) (рис. 2), то есть снижением средней интенсивности подачи рабочего раствора ρ с 0,3 до 0,20 мм/мин [1].

$$\rho = \frac{60 \times Q}{\dots}$$

(1)



- 1 – площадь обработки без винта-рассекателя;
- 2 – добавочная площадь обработки за счет винта-рассекателя;

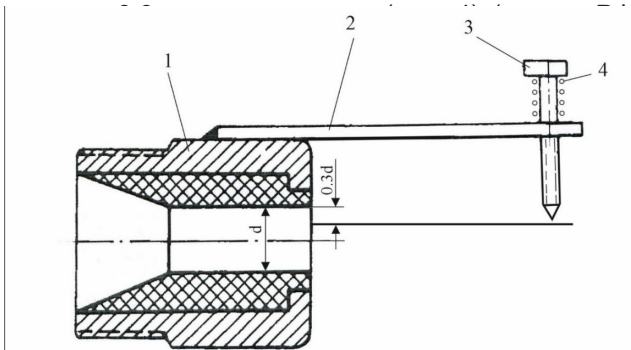
- 3 – факел раствора без винта-рассекателя; 4 – факел раствора с винтом-рассекателем

1- processing area without a divider screw; 2 - additional processing area due to the divider screw; 3 - solution torch without a divider screw; 4 - mortar torch with a divider screw

Рис. 2 – Обрабатываемая разбрызгивателем площадь

Fig. 2 – The treated area of the sprinkler

Это достижимо, по данным исследований, посредством распыла струи разбрызгивателя (рис. 3) путем внедрения в него винта-рассека-



- 1 – сопло; 2 – планка; 3 – винт рассекателя; 4 – пружина.
- 1 - nozzle; 2 - strap; 3 - divider screw; 4 - spring

Рис. 3 – Устройство для распыла струи разбрызгивателя

Fig. 3 – A device for spraying a spray jet

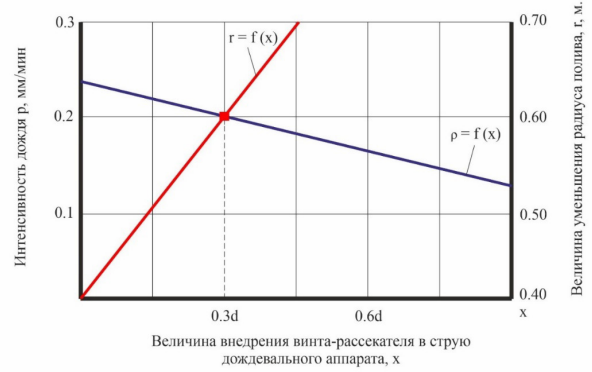


Рис. 4 – Обоснование величины внедрения винта-рассекателя в струю сопла разбрызгивателя

Fig. 4 – Justification of the magnitude of the introduction of the divider screw into the spray nozzle jet

Отмеченное позволяет снизить мгновенную интенсивность подачи рабочего раствора, за счет увеличения площади распыла, из-за перераспределения слоя осадков по ширине и длине струи (рис. 2), согласно зависимости (2) Пospelova Н.И. в 1,5 раза, или с 3,3 до 2,2 мм/мин.

$$A_n = \frac{120 \times Q \times r}{b \times d^2} \quad (2)$$

где: r – расстояние от центра вращения разбрызгивателя, м;

b – ширина полосы, обрабатываемой разбрызгивателем на данном расстоянии от центра вращения, м;

R – радиус действия разбрызгивателя, м.

При внедрении в струю разбрызгивателя рассекателя увеличивается, в зависимости от глубины его погружения, мгновенная площадь распыла рабочего раствора, по данным исследований в 1,5-2,0 раза. Меньшее значение соответствует внедрению рассекателя на 0,3 диаметра сопла.

Дальнейшее увеличение глубины внедрения рассекателя ограничивается допустимой величиной уменьшения радиуса обработки разбрызгивателя (не более 0,6 м).

Исходя из отмеченного, граничные условия, определяющие оптимальные значения внедрения винта-рассекателя в струю разбрызгивателя определяются точкой пересечения линий 1 и 2 на рисунке 4.

Для исследования устройства для распыла струи разбрызгивателя многофункциональной машины кругового действия проводились экспериментальные исследования, целью которых являлась проверка расчетных параметров регулирования распыла струи разбрызгивателей рассекателем, определяющим снижение максимальной интенсивности подачи рабочего раствора, за счет повышения равномерности его распределения. Как следствие, увеличивается несущая способность почвы (рис. 5). При этом оценивалось допустимое уменьшение радиуса обработки.



1 – разбрызгиватель; 2 – дождемеры
1 - sprinkler; 2 - rain gauges;

Рис. 5 – Оценка равномерности внесения рабочего раствора разбрызгивателем с устройством для распыла струи

Fig. 5 – Evaluation of the uniformity of the application of the working solution by a sprinkler with a spray jet device

Исследования проводились с учетом методических требований СТО АИСТ 11. 1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей [16]. При использовании вышеуказанной методики, при исследовании был произведен двухфакторный эксперимент. Уровни варьирования эксперимента приведены в таблице 1.

На основе проведенных исследований по оценке средней интенсивности подачи рабочего раствора разбрызгивателями, являющейся основополагающим фактором опорно-сцепных свойств ходовых систем многофункциональных машин, особенно в их концевой части, при различных показателях расхода (Q) и величины внедрения рассекателя в струю (x) построена графическая зависимость (рис. 6), описываемая регрессионным выражением (3):

$$\rho = 0.6 - 2.6809E - 13 \times d - 1.5 \times Q + 4.994E - 14 \times d \times d + 2.5194E - 13 \times d \times Q + 1.4116E - 12 \times Q \times Q \quad (3)$$

Полученные экспериментальные результаты подтверждают достаточную сходимость теоре-

тических и экспериментальных исследований по величине внедрения винта-рассекателя (0,3d) в струю разбрызгивателя

Проведенные лабораторно-полевые и полевые исследования разбрызгивателя с устройством для распыла струи (АО «Озеры» Московской области, агрофон – всходы картофеля, общий уклон – 0,03-0,05), показали, что снижение средней интенсивности подачи рабочего раствора до 0,2 мм/мин и увеличение в 1,5-2 раза мгновенной площади обработки за счет распыла струи (патент на изобретение РФ №2769732), с внедрением стержневого рассекателя на 0,3 диаметра сопла, с учетом регулирования расхода (патент на изобретение РФ №2770811), позволили за счет повышения несущей способности почвы исключить буксование ходовых систем машины (срабатывание аварийной защиты) и, в конечном счете, увеличить ее производительность на 15-17%.

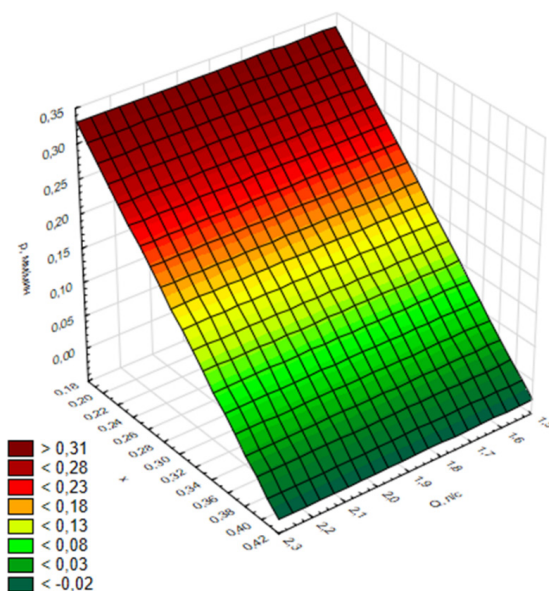


Рис. 6 – График зависимости влияния величины расхода разбрызгивателей и внедрения рассекателя в их струю на интенсивность подачи рабочего раствора

Fig. 6 – A graph of the influence of the flow rate of sprinklers and the introduction of a divider into their jet on the intensity of the working solution supply

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования.

Уровень и интервал варьирования	Факторы интенсивности подачи рабочего раствора, ρ	
	Расход разбрызгивателя, q, л/с	Величина внедрения рассекателя в струю разбрызгивателя, x
Верхний (+1)	2.2	0.30d
Средний (0)	1.9	0.15d
Нижний (-1)	1.6	0d
Интервал варьирования	0.3	0.15d

Заключение

Как показали экспериментальные исследования многофункциональной машины в производственных условиях, повышение производительности может быть обеспечено установкой, наряду с регулятором расхода (патент на изобретение

РФ №2770811), оптимизированного по параметрам, рассекателя (патент на изобретение РФ №2769732), исключающих буксование ходовых систем машины и, как следствие, ее непроизводительные остановки. Это позволило за счет увеличения коэффициента использования рабочего



времени смены повысить производительность машины на 15-17 %.

Список источников

1. Абдразаков Ф.К., Чуркина К.И. Оценка агротехнических и гидравлических характеристик распыла при работе различных типов щелевых распылителей // *Аграрный научный журнал*. 2022. №4. С.70-75. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48366554>

2. Бакиров С.М., Михеева О.В., Колганов Д.А., Михеев И.В., Соловьева Е.Б. Разработка интеллектуальной системы управления поливом для экспериментального семеноводства // *аграрный научный журнал*. 2023. №2. С.108-111. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50322857>

3. Дубенок Н.Н., Ольгаренко Г.В. Перспективы восстановления мелиоративного комплекса Российской Федерации // *Вестник Российской сельскохозяйственной академии*. 2021. №2. С.56-59. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44927259>

4. Дубенок Н.Н., Ольгаренко Г.В., Калинин Р.В. Перспективы и общественная значимость развития мелиорации в Московской области // *Мелиорация и водное хозяйство*. №2022. №5. С.6-11. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50152417>

5. Журавлева Л.А., Попков И.А., Магомедов М.С. Моделирование движения воды во вращающихся дождевателях широкозахватных дождевательных машин // *Природообустройство*. 2022. №1. С.48-53. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49304949>

6. Журавлева Л.А., Хеирбеик Б. Исследования параметров потока воды в трубопроводе широкозахватных дождевательных машин // *Аграрный научный журнал*. 2023. №1. С.136-143. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50161151>

7. Камышова Г.Н., Колганов Д.А., Терехова Н.Н. Нейросетевое моделирование водопотребления // *Аграрный научный журнал*. 2021. №5. С.88-92. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45974419>

8. Костоварова И.А., Шленов С.Л., Замаховский М.П. Повышение эффективности орошения при многофункциональном использовании техники полива // *Достижения науки и техники*. 2019. №3. Т.33. С.58-61. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37174697>

9. Патент на изобретение №2770811, Многоопорная дождевательная машина кругового действия / *Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Антипов А.О., Бышов Н.В., Костенко М.Ю., Рембалович Г.К., Безносюк Р.В.* – 2020144291, заявлено 29.12.2020, опубл. 22.04.2022. – 7 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48380585>

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

10. Патент на полезную модель №2769732, Способ установки стержневого рассекателя на дождевальном аппарате / *Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Турапин С.С. Антипов А.О.* – 2020142352, заявлено 21.12.2020, опубл. 05.04.2022. – 5 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48378459>

11. Повышение эксплуатационных показателей транспортных систем многоопорных машин / *А.И. Рязанцев, А.О. Антипов., Е.А. Смирнова* // *Коломна, ГОУ ВО МО ГСГУ*, 2018. – С. 246 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34933025>

12. Рязанцев А.И., Костенко М.Ю., Антипов А.О., Евсеев Е.Ю., Антипов О.В. Обоснование параметров по совершенствованию регулятора расхода дождевательных аппаратов машины «Кубань-ЛК1» // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им П.А. Костычева*. 2020. Т.48 №4, С.107-113. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44845900>

13. Рязанцев А.И., Турапин С.С., Евсеев Е.Ю., Антипов А.О. Обоснование регулирования расхода дождевательных аппаратов широкозахватных машин кругового действия // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2022. №3. С.6-10. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48644180>

14. Соловьев Д.А., Камышов Г.Н., Терехова Н.Н., Бакиров С.М. Моделирование нейроуправления скоростью дождевательных машин // *Аграрный научный журнал*. 2020. №7. С.81-84. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43561101>

15. Соловьев Д.А., Корсак В.В., Камышова Г.Н., Митюрева О.Н., Терехов П.О. Цифровые технологии оптимизации параметров увлажнения расчетного слоя воды // *Аграрный научный журнал*. 2021. №1. С. 86-89. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44623296>

16. Турапин С.С., Ольгаренко Г.В., Рязанцев А.И., Антипов А.О. Эколого-энергетическое совершенствование многоопорных дождевательных машин кругового действия // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2021. №3. С.30-36. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46532871>

References

1. *Abdrzakov F.K., CHurkina K.I. Ocenka agrotekhnicheskikh i gidravlicheskih harakteristik raspyla pri rabote razlichnyh tipov shchelevykh raspylitelej // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2022. №4. S.70-75. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48366554*

2. *Bakirov S.M., Miheeva O.V., Kolganov D.A., Miheev I.V., Solov'eva E.B. Razrabotka intellektual'noj sistemy upravleniya polivom dlya eksperimental'nogo semenovodstva // agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2023. №2. S.108-111. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50322857*

3. *Dubenok N.N., Ol'garenko G.V. Perspektivy vosstanovleniya meliorativnogo kompleksa Rossijskoj Federacii // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. №2. S.56-59. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44927259*

4. *Dubenok N.N., Ol'garenko G.V., Kalinichenko R.V. Perspektivy i obshchestvennaya znachimost' razvitiya melioracii v Moskovskoj oblasti // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. №2022. №5. S.6-11. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50152417*

5. *ZHuravleva L.A., Popkov I.A., Magomedov M.S. Modelirovanie dvizheniya vody vo vrashchayushchihsya dozhdevatelyah shirokozahvatnyh dozhdeval'nyh mashin // Prirodoobustrojstvo. 2022. №1. S.48-53. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49304949*



6. ZHuravleva L.A., Heirbeik B. Issledovaniya parametrov potoka vody v truboprovode shirokozhvatnykh dozhdeval'nykh mashin // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2023. №1. S.136-143. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50161151>
7. Kamyshova G.N., Kolganov D.A., Terekhova N.N. Nejrosetevoe modelirovanie vodopotrebleniya // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2021. №5. S.88-92. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45974419>
8. Kostovarova I.A., SHlenov S.L., Zamahovskij M.P. Povyshenie effektivnosti orosheniya pri mnogofunktional'nom ispol'zovanii tekhniki poliva // Dostizheniya nauki i tekhniki. 2019. №3. T.33. S.58-61. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37174697>
9. Patent na izobreteniye №2770811, Mnogoopornaya dozhdeval'naya mashina krugovogo dejstviya / Ryazancev A.I., Evseev E.YU., Antipov A.O., Byshov N.V., Kostenko M.YU., Rembalovich G.K., Beznosyuk R.V. – 2020144291, zayavleno 29.12.2020, opubl. 22.04.2022. – 7 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48380585>
10. Patent na poleznuyu model' №2769732, Sposob ustanovki sterzhnevogo rassekatel'ya na dozhdeval'nom apparate / Ryazancev A.I., Evseev E.YU., Turapin S.S. Antipov A.O. - 2020142352, zayavleno 21.12.2020, opubl. 05.04.2022. – 5 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48378459>
11. Povyshenie ekspluatatsionnykh pokazatelej transportnykh sistem mnogoopornnykh mashin / A.I. Ryazancev, A.O. Antipov., E.A. Smirnova // Kolomna, GOU VO MO GSGU, 2018. – S. 246 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34933025>
12. Ryazancev A.I., Kostenko M.YU., Antipov A.O., Evseev E.YU., Antipov O.V. Obosnovanie parametrov po sovershenstvovaniyu regul'yatora raskhoda dozhdeval'nykh apparatov mashiny «Kuban'-LK1» // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im P.A. Kostycheva. 2020. T.48 №4, S.107-113. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44845900>
13. Ryazancev A.I., Turapin S.S., Evseev E.YU., Antipov A.O. Obosnovanie regulirovaniya raskhoda dozhdeval'nykh apparatov shirokozhvatnykh mashin krugovogo dejstviya // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2022. №3. S.6-10. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48644180>
14. Solov'ev D.A., Kamyshev G.N., Terekhova N.N., Bakirov S.M. Modelirovanie nejroupravleniya skorost'yu dozhdeval'nykh mashin // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2020. №7. S.81-84. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43561101>
15. Solov'ev D.A., Korsak V.V., Kamyshova G.N., Mityureva O.N., Terekhov P.O. Cifrovyye tekhnologii optimizatsii parametrov uvlazhneniya raschetnogo sloya vody // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2021. №1. S. 86-89. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44623296>
16. Turapin S.S., Ol'garenko G.V., Ryazancev A.I., Antipov A.O. Ekologo-energeticheskoe sovershenstvovanie mnogoopornnykh dozhdeval'nykh mashin krugovogo dejstviya // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2021. №3. S.30-36. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46532871>

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

Евсеев Евгений Юрьевич, ст. препод. кафедры технических систем, теории и методологии образовательных процессов, ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет», evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Рязанцев Анатолий Иванович, д-р тех. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ryazantsev.41@mail.ru

Рембалович Георгий Константинович, д-р тех. наук, проректор по научной работе, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rgk.rgatu@yandex.ru

Антипов Алексей Олегович, канд. тех. наук, декан педагогического факультета ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет», antipov.aleksei2010@yandex.ru

Мурог Игорь Александрович, д-р техн. наук, профессор, и.о. ректора Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина, rsu@rsu.edu.ru

Author information

Yevseyev Evgeny Yu., Senior Lecturer of the Department of Technical Systems, Theory and Methodology of Educational Processes, State Social and Humanitarian University, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Ryazantsev Anatoly I., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ryazantsev.41@mail.ru

Rembalovich Georgy K., Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Scientific Work, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, rgk.rgatu@yandex.ru

Antipov Alexey O., Candidate of Technical Sciences, Dean of the Pedagogical Faculty of the State Socio-Humanitarian University, antipov.aleksei2010@yandex.ru

Murog Igor A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Acting Rector of the Ryazan State University named after S.A. Yesenin, rsu@365.rsu.edu.ru

Статья поступила в редакцию 17.04.2023; одобрена после рецензирования 26.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 17.04.2023; approved after reviewing 26.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т 15, № 2., с.125-132
Vestnik RGATU, 2023, Vol. 15, № 2, pp.125-132

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 339.13, УДК 62-31
DOI: 10.36508/RSATU.2023.33.54.017

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЫНКА КОМПОНЕНТОВ ГИДРОСИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ

Сергей Борисович Карякин¹✉, Евгений Альбертович Максимов², Александр Викторович Коломейченко³, Алексей Николаевич Бачурин⁴, Рудольф Юрьевич Соловьев⁵

^{1,2,3,5}Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «НАМИ», г.Москва, Россия

⁴Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹sergey.karyakin@nami.ru

²evgeniy.maximov@nami.ru

³a.kolomiychenko@nami.ru

⁴bachurin62@mail.ru

⁵rudolf.solovyev@nami.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью маркетингового исследования рынка гидрораспределительной аппаратуры является получение качественной и количественной оценки рынка с разработкой прогноза его развития. Для достижения поставленной цели оказалось необходимым разработать методику исследования рынка, поскольку существующие методики маркетинговых исследований не позволяют выполнить сформулированную задачу.

Методология. Рынок гидрораспределительной аппаратуры характеризуется следующими особенностями:

- высокая инвариантность гидрораспределительной аппаратуры по отношению к различным видам специализированной техники;
- наличие значительного количества производителей гидрораспределительной аппаратуры в мире;
- широкая дифференциация технических параметров гидрораспределительной аппаратуры различных марок внутри одного мощностного ряда;
- наличие значительного количества поставщиков гидрораспределительной аппаратуры зарубежного и отечественного производства;
- отсутствие градации гидрораспределительной аппаратуры в кодах ТНВЭД и, как следствие, невозможность выявить объем поставок гидрораспределительной аппаратуры из-за рубежа;
- идентичность технологических операций для производства каждого вида гидрораспределительной аппаратуры.

В силу отмеченных характеристик рынка гидрораспределительной аппаратуры отсутствует возможность прямого вычисления параметров рынка, что потребовало разработку методики.

Результаты. В ходе маркетингового исследования рынка гидрораспределительной аппаратуры была выполнена разработка и практическая реализация новой методики для точной оценки рынка компонентов гидросистем для установления потребности производителей специализированной техники в гидрораспределительной аппаратуре. Объект исследования: гидравлические распределители, применяемые в гидросистемах специализированных машин. Суть разработанной методики заключается в выполнении последовательности действий, представленных в виде алгоритма: сегментирование типов специализированных машин по классам, декомпозиция гидросистем по основным компонентам (гидрораспределительная аппаратура и др.), декомпозиция основных компо-



нентов гидросистем по техническим параметрам (мощностным и функциональным), разработка мощностных рядов компонентов гидросистем на основе анализа модельных рядов ведущих мировых производителей, сегментирование технических параметров компонентов гидросистем по мощностным рядам, расчет общего количества компонентов гидросистем на основе данных рынка специализированной техники. Методика позволяет наиболее точно оценить рынок компонентов гидросистем и установить потребность производителей специализированной техники в гидрораспределительной аппаратуре. Преимуществом предлагаемой методики является возможность ее трансформации относительно любой системы машин и комплекса технологического оборудования. **Заключение.** Исследования рынка гидрораспределительной аппаратуры в единицах гидрораспределителей по рядам давлений и размерным группам для рабочего давления до 250 бар в натуральном и денежном выражении по данным производства специализированной техники в РФ за 2021 г. с использованием разработанной методики показали, что наибольшее количество моделей гидрораспределителей приходится на два диапазона расхода рабочей жидкости: от 40 до 70 л/мин – 32 модификации; диапазон расхода от 40 до 120 л/мин – 32 модификации. На диапазон расхода рабочей жидкости от 120 до 200 л/мин приходится 21 модификация.

Ключевые слова: типовые параметры гидрораспределительной аппаратуры, специализированная техника, гидрораспределители картриджного и золотникового типа, сегментирование, компоненты гидросистем, диапазон рабочего давления, размерные группы

Для цитирования: Карякин С.Б., Максимов Е.А., Коломейченко А.В., Бачурин А.Н., Соловьев Р.Ю. Методика оценки рынка компонентов гидросистем, применяемых при производстве специализированной техники // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2023. Vol.15, № 2, С. 125-132 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.33.54.017](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.33.54.017)

Original article

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE MARKET FOR HYDRAULIC SYSTEM COMPONENTS USED IN SPECIALIZED EQUIPMENT MANUFACTURE

Sergey B. Karyakin^{1✉}, Evgeniy A. Maximov², Aleksandr V. Kolomeychenko³, Alexey N. Bachurin⁴, Rudolf U. Solovyev⁵

^{1,2,3,5}NAMI Russian State Research Center (FSUE "NAMI"), Moscow, Russia

⁴Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹sergey.karyakin@nami.ru

²evgeniy.maximov@nami.ru

³a.kolomiychenko@nami.ru

⁴bachurin62@mail.ru

⁵rudolf.solovyev@nami.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of the marketing research into the hydraulic distribution (hydraulic devices) equipment market is to obtain a qualitative and quantitative market assessment and to develop the market growth forecast. It appeared that, in order to achieve the purpose in view, one needs to develop a market research procedure or methodology, since the existing marketing research methodologies do not allow the formulated objective to be fulfilled.

Methods. The hydraulic distribution equipment market is characterized by the following peculiarities:

- high invariance of hydraulic distribution equipment in relation to different types of specialized equipment;
- significant number of hydraulic distribution equipment manufacturers in the world;
- wide differentiation in technical parameters of hydraulic distribution equipment of various makes within one power or capacity range;
- significant number of suppliers of hydraulic distribution equipment, both foreign and domestically produced;
- no grading of hydraulic distribution equipment in the HS codes and, as a result, impossibility to define the volume of hydraulic distribution equipment supplies from abroad;
- equivalence of manufacturing operations for each type of hydraulic distribution equipment.

Due to the specified characteristics of the hydraulic distribution equipment market, there is no possibility to calculate the market parameters directly, which required the methodology to be developed.

Results. In the course of the marketing research into the hydraulic distribution equipment market, development and practical implementation of the new methodology for accurate assessment of the hydraulic system components market in order to determine the specialized equipment manufacturers' demand for hydraulic distribution equipment were carried out. The object of research is hydraulic directional control valves applied in hydraulic systems of specialized machines. The developed methodology consists in performing a sequence of actions presented in the form of an algorithm: segmentation of types of specialized machines by classes,



decomposition of hydraulic systems by main components (hydraulic distribution equipment (devices), etc.), decomposition of main hydraulic system components by technical parameters (capacity- and function-related), development of capacity ranges of hydraulic system components based on analysis of model line-ups of the leading global manufacturers, segmentation of technical parameters of hydraulic system components by capacity ranges, calculation of the total number of hydraulic system components based on the data of the specialized equipment market. The methodology makes it possible to most accurately assess the hydraulic system components market and determine the specialized equipment manufacturers' demand for hydraulic distribution equipment. The advantage of the proposed methodology is the possibility to transform it with respect to any system of machines or technological equipment complex.

Conclusion. The research into the hydraulic distribution equipment market in units of hydraulic directional control valves by pressure ranges and dimensional groups for the operating pressure up to 250 bar in physical and monetary terms, using the developed methodology, according to the production data for the specialized equipment in the Russian Federation for 2021 showed that the largest number of hydraulic directional control valve models falls into two ranges of the operating fluid flow rate: from 40 to 70 l/min – 32 modifications; flow range from 40 to 120 l/min – 32 modifications. There are 21 modifications for the operating fluid flow range from 120 to 200 l/min.

Key words: hydraulic distribution equipment typical parameters, hydraulic distribution equipment standard parameters, specialized equipment, hydraulic directional control valves of cartridge and spool types, segmentation, hydraulic system components, operating pressure range, dimensional groups

For citation: Karyakin S.B., Maximov E. A., Kolomeychenko A. V., Bachurin A. N., Solovyov R. U. Methodology for assessing the market for hydraulic system components used in specialized equipment manufacture // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2. P 125-132 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.33.54.017>

Введение

Развитие сельскохозяйственного, строительного-дорожного и коммунального машиностроения Российской Федерации, а также составляющих их компонентов является важной задачей экономической политики государства.

На российском рынке компонентов гидравлических систем сформировалась импортоориентированная модель, большую часть рынка составляет продукция зарубежных производителей. В сегменте гидрораспределителей (гидрораспределительная аппаратура) доля импорта составляет от 59 до 98 %, в зависимости от их типа. Указанные факторы приводят к росту себестоимости производства специализированной техники, а также критической зависимости от иностранных поставщиков комплектующих [1].

Развитие производства отечественной гидрораспределительной аппаратуры для сельскохозяйственной, строительной-дорожной и коммунальной техники (специализированная техника) позволит увеличить ее конкурентоспособность и обеспечить народно-хозяйственные потребности в современной российской технике по количеству и составу, снизить зависимость от комплектующих зарубежного производства в условиях ограничения поставок.

Материалы и методы исследования

Цель настоящей работы – разработать методику исследования рынка гидрораспределительной аппаратуры в качественных и количественных параметрах.

Методика разрабатывалась с учетом следующих допущений.

1. Рынок гидрораспределителей был рассчитан без разделения на гидрораспределители картриджного и золотникового типов. При этом на основе экспертных данных и анализа конструкций

специализированной техники принято, что гидрораспределители картриджного типа широко применяются в комбайнах и тракторах, а золотникового типа – в остальных видах специализированной техники [2,3].

2. Принято, что каждый гидрораспределитель оснащён предохранительным клапаном [4].

3. Основными параметрами для сегментации принят номинальный расход жидкости, номинальное давление, функциональные параметры [5].

4. Принято, что погрузчики грузоподъемностью до двух тонн оснащены гидростатической трансмиссией (ГСТ), а погрузчики с грузоподъемностью более двух тонн – гидромеханической трансмиссией (ГМТ) [6].

5. Расчёт рынка гидрораспределителей выполнен по рабочим секциям и гидрораспределителям.

6. Сегментация по размерным рядам выполнена из условия минимального времени на переналадку производственного и измерительного оборудования.

Суть методики заключается в выполнении последовательности действий, представленных в виде алгоритма на рисунке 1, которые позволяют наиболее точно относительно известных методик оценить рынок компонентов гидросистем и установить потребность производителей специализированной техники в гидрораспределительной аппаратуре. Преимуществом предлагаемой методики является возможность ее трансформации относительно любой системы машин и комплекса технологического оборудования.

В таблице 1 приведен порядок действий по использованию методики оценки рынка компонентов гидросистем.



Таблица 1 – Порядок действий по применению методики оценки рынка компонентов гидросистем

№ п/п	Действие	Обоснование
1.	Выбор рядов давлений гидрораспределительной аппаратуры на основе обобщённого размерного ряда гидрораспределительной аппаратуры	Соответствие рядам давлений гидрораспределительной аппаратуры, выпускаемой ведущими мировыми производителями
2.	Выбор размерных групп гидрораспределительной аппаратуры по расходу гидравлической жидкости на основе обобщённого размерного ряда гидрораспределительной аппаратуры	Соответствие размерным группам гидрораспределительной аппаратуры, выпускаемой ведущими мировыми производителями
3.	При необходимости укрупнение размерных групп	Сокращение номенклатуры размерных групп гидрораспределительной аппаратуры с целью укрупнения заказов на изготовление изделий в каждой размерной группе. Сокращение количества переналадок производственного и измерительного оборудования. Сокращение номенклатуры материалов и заготовок с целью укрупнения закупаемых партий материалов и заготовок
4.	Распределение гидрораспределительной аппаратуры, применяемой при производстве специализированной техники, по выбранным рядам давлений	Сегментация параметров для структурирования и расчёта рынка гидрораспределительной аппаратуры
5.	Распределение гидрораспределительной аппаратуры, применяемой при производстве специализированной техники, по выбранным размерным группам	Сегментация параметров для структурирования и расчёта рынка гидрораспределительной аппаратуры
6.	Распределение гидрораспределительной аппаратуры, применяемой при производстве специализированной техники, по функциональным параметрам и дополнительным устройствам (наличие предохранительного клапана, способ управления, тип управляющего воздействия, система стабилизации параметров)	Сегментация функциональных параметров и дополнительных устройств для структурирования и расчёта рынка гидрораспределительной аппаратуры

Результаты исследований и их обсуждение

На основе исследования модельных рядов гидрораспределительной аппаратуры иностранных и отечественных производителей выполнена декомпозиция по основным техническим характеристикам, представленным ниже [7].

Выбраны диапазоны (ряды) рабочего давления, соответствующие максимальному рабочему давлению гидрораспределительной аппаратуры, выпускаемой ведущими мировыми производителями:

- менее 250 бар;
- от 250 до 400 бар;
- более 400 бар.

Для организации консолидированных заказов на изготовление изделий было выполнено сокращение номенклатуры размерных групп гидрораспределительной аппаратуры путем следующих мероприятий:

- сокращение количества переналадок производственного и измерительного оборудования;
- сокращение номенклатуры материалов и заготовок с целью укрупнения закупаемых партий материалов и заготовок.

Исходя из предложенных выше мероприятий

выбраны следующие укрупнённые размерные группы гидрораспределительной аппаратуры по диапазону расхода:

- менее 10 л/мин;
- от 10 до 40 л/мин;
- от 40 до 70 л/мин;
- от 70 до 120 л/мин;
- от 120 до 200 л/мин;
- более 200 л/мин.

Исследования рынка гидрораспределительной аппаратуры в единицах гидрораспределителей по рядам давлений и размерным группам для рабочего давления до 250 бар в натуральном и денежном выражении по данным производства специализированной техники в РФ за 2021г. [8] с использованием разработанной методики показали, что наибольшее количество моделей гидрораспределителей приходится на два диапазона расхода рабочей жидкости: от 40 до 70 л/мин – 32 модификации; диапазон расхода от 70 до 120 л/мин – 32 модификации. На диапазон расхода рабочей жидкости от 120 до 200 л/мин приходится 21 модификация (рисунки 2 и 3).

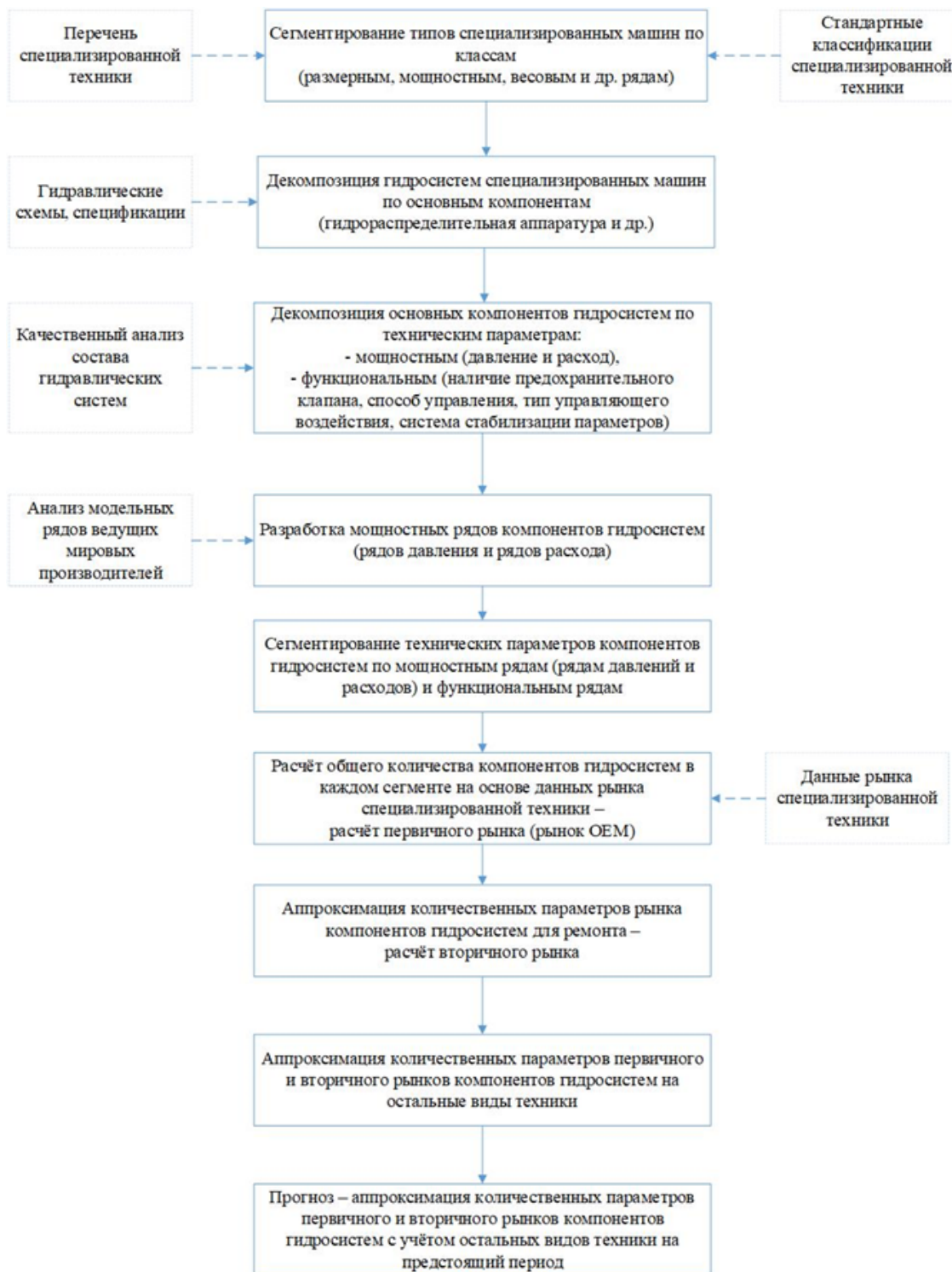


Рис.1 – Методика исследования рынка компонентов гидрораспределительной аппаратуры
 Fig. 1 – Research procedure for hydraulic device components market

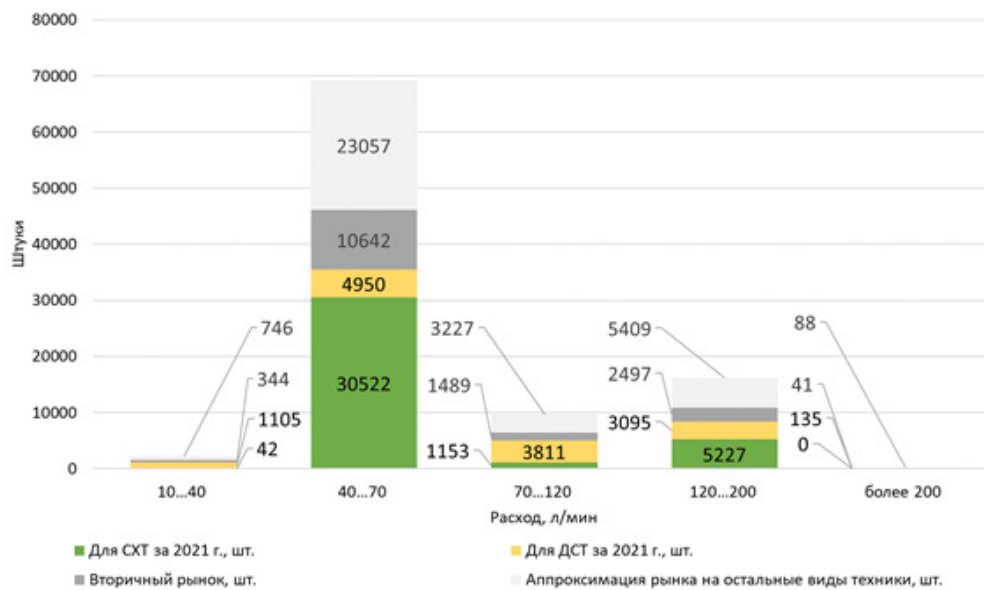


Рис. 2 – Рынок гидрораспределительной аппаратуры в единицах гидрораспределителей по рядам давлений и размерным группам для рабочего давления до 250 бар в натуральном выражении по данным производства специализированной техники в РФ за 2021 г.

Fig. 2 – Hydraulic device market in units of hydraulic directional control valves by pressure ranges and dimensional groups for operating pressure up to 250 bar in physical terms according to production data for specialized equipment in the Russian Federation for 2021

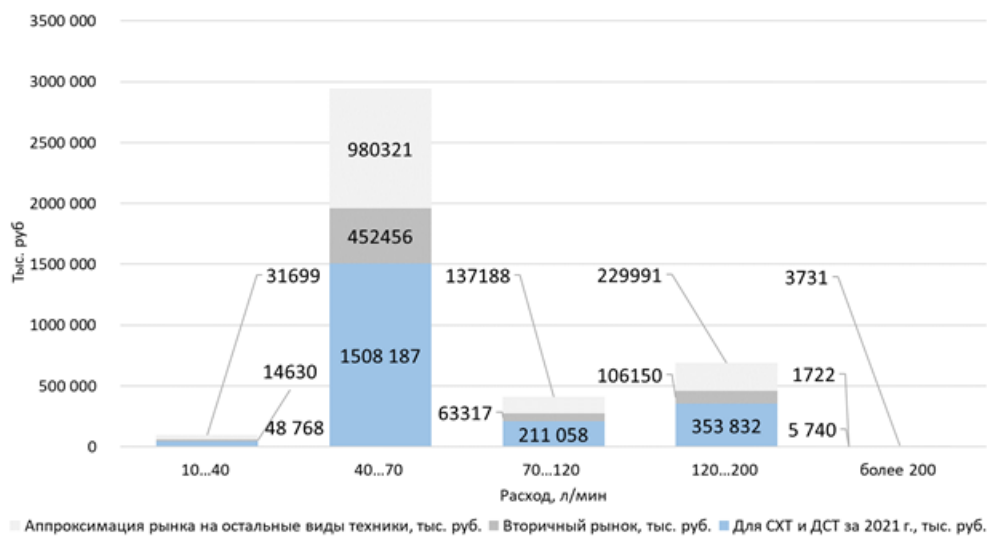


Рис. 3 – Рынок гидрораспределительной аппаратуры в единицах гидрораспределителей по рядам давлений и размерным группам для рабочего давления до 250 бар в денежном выражении по данным производства специализированной техники в РФ за 2021 г.

Fig. 3 – Hydraulic device market in units of hydraulic directional control valves by pressure ranges and dimensional groups for operating pressure up to 250 bar in monetary terms according to production data for specialized equipment in the Russian Federation for 2021

Заключение

Точность вычисления рынка компонентов гидросистем при предложенной системе критериев и параметров зависит в первую очередь от точно-

сти выявления параметров компонентов гидросистем специализированной техники, которая зависит от следующего:

- полноты данных, предоставляемых произ-



водителями специализированной техники;

- достоверности данных, представленных в открытых источниках, если таковые данные невозможно получить от производителя специализированной техники;

- квалификации специалиста, выполняющего оценку достоверности данных, представленных в открытых источниках;

- точности данных рынка специализированной техники.

При необходимости получения более подробных результатов оценки рынка допускается введение дополнительных критериев.

Разработанная методика позволяет с точностью от 15 до 5 % оценить рынок компонентов гидросистем и установить потребность производителей специализированной техники в гидрораспределительной аппаратуре при достоверности исходных данных 95 %. Преимуществом предлагаемой методики является возможность ее трансформации для аналогичных исследований в любой системе машин или комплексов технологического оборудования.

Проведенные исследования позволили установить, что перечень типовых параметров гидрораспределительной аппаратуры, применяемой при производстве специализированной техники, состоит из следующего набора параметров:

- ряды давлений: менее 250 бар, от 250 до 400 бар, более 400 бар;

- размерные группы по диапазону расхода: менее 10 л/мин, от 10 до 40 л/мин, от 40 до 70 л/мин, от 70 до 120 л/мин, от 120 до 200 л/мин, более 200 л/мин.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список источников

1. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации 7 июля 2017 г. № 1455-р [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/28393/> (дата обращения: 23.01.2023).

2. Кабаков, М.Г. Технология производства гидроприводов: учебное пособие / М.Г. Кабаков, С.П. Стесин. М.: Машиностроение. 1974. 192 с.

3. Васильченко, В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: справочник / В.А. Васильченко, В.Н. Берман, И.Н. Якушина [и др.]. М.: 1983. 301 с.

4. Гуськов, В.В. Объемные гидро- и пневмомашин и передачи: учебное пособие для вузов / В.В. Гуськов, А.Ф. Андреев, Л.В. Барташевич [и др.]. Минск: Высшая школа. 1987. 310 с.

5. Прокофьев, В.Н. Машиностроительный гидропривод: учебное пособие / В.Н. Прокофьев, Л.А. Кондаков, Г.А. Никитин М.: Машиностроение. 1978. 495 с.

6. Клубничкин, В.Е. Краткий анализ тенденций развития лесозаготовительных машин / В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, А.Б. Карташов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2020. № 3 (130). С. 93-102.

7. Черноиванов, В.И. О формировании вторичного рынка сельскохозяйственной техники / В.И. Черноиванов, Н.В. Краснощеков // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 10. С. 9-11.

8. Интернет-портал «Росспецмаш-Стат» [Электронный ресурс]. URL: <https://rosspetsmash.ru/rosspetsmash-stat> (дата обращения: 30.01.2023).

References

1. *Strategiya razvitiya sel'skohozyajstvennogo mashinostroeniya Rossii na period do 2030 goda, utverzhdennaya rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii 7 iyulya 2017 g. № 1455-r [Elektronnyj resurs]. URL: <http://government.ru/docs/28393/> (data obrashcheniya: 23.01.2023).*

2. *Kabakov, M.G. Tekhnologiya proizvodstva gidroprivodov: uchebnoe posobie / M.G. Kabakov, S.P. Stesin. M.: Mashinostroenie. 1974. 192 s.*

3. *Vasil'chenko, V.A. Gidravlichesкое oborudovanie mobil'nyh mashin: spravochnik / V.A. Vasil'chenko, V.N. Berman, I.N. YAkushina [i dr.]. M.: 1983. 301 s.*

4. *Gus'kov, V.V. Ob'emnye gidro- i pnevmomashiny i peredachi: uchebnoe posobie dlya vuzov / V.V. Gus'kov, A.F. Andreev, L.V. Bartashevich [i dr.]. Minsk: Vysshaya shkola. 1987. 310 s.*

5. *Prokof'ev, V.N. Mashinostroitel'nyj gidroprivod: uchebnoe posobie / V.N. Prokof'ev, L.A. Kondakov, G.A. Nikitin M.: Mashinostroenie. 1978. 495 s.*

6. *Klubnichkin, V.E. Kratkij analiz tendencij razvitiya lesozagotovitel'nyh mashin / V.E. Klubnichkin, E.E. Klubnichkin, A.B. Kartashov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2020. № 3 (130). S. 93-102.*

7. *CHernoivanov, V.I. O formirovanii vtorichnogo rynka sel'skohozyajstvennoj tekhniki / V.I. CHernoivanov, N.V. Krasnoshchekov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2009. № 10. S. 9-11.*

8. *Internet-portal «Rosspecmash-Stat» [Elektronnyj resurs]. URL: <https://rosspetsmash.ru/rosspetsmash-stat> (data obrashcheniya: 30.01.2023).*

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

Карякин Сергей Борисович, канд. техн. наук, зав. отделом НИОКР Центра сельскохозяйственного машиностроения, Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «НАМИ», sergey.karyakin@nami.ru

Максимов Евгений Альбертович, канд. техн. наук, доцент, зав. отделом исследования компонентной базы сельскохозяйственной техники Центра сельскохозяйственного машиностроения, Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «НАМИ», evgeniy.maximov@nami.ru

Коломейченко Александр Викторович, д-р техн. наук, профессор, зав. отделом перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения, Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «НАМИ», a.kolomiychenko@nami.ru

Бачурин Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, декан инженерного факультета, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, bachurin62@mail.ru

Соловьев Рудольф Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, директор Центра сельскохозяйственного машиностроения, Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «НАМИ», rudolf.solovyev@nami.ru

Author Information

Karyakin Sergey B., Candidate of Technical Sciences, Head of the R&D Department of the Center for Agricultural Engineering, the State Scientific Center of the Russian Federation FSUE "NAMI", karyakin@nami.ru

Maksimov Evgeny A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of research of the component base of Agricultural Machinery of the Center for Agricultural Engineering, State Scientific Center of the Russian Federation FSUE "NAMI", evgeniy.maximov@nami.ru

Kolomeichenko Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Advanced Technologies of the Center for Agricultural Engineering, State Scientific Center of the Russian Federation FSUE "NAMI", a.kolomiychenko@nami.ru

Bachurin Alexey N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering, FSUE VO RGATU, bachurin62@mail.ru

Solovyov Rudolf Y., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Center for Agricultural Engineering, the State Scientific Center of the Russian Federation FSUE "NAMI", rudolf.solovyev@nami.ru

Статья поступила в редакцию 17.04.2023; одобрена после рецензирования 28.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 17.04.2023; approved after reviewing 28.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т 15, № 2, с.133-139
Vestnik RGATU, 2023, Vol. 15, № 2, pp 133-139

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.367
DOI: 10.36508/RSATU.2023.92.62.018

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ УПАКОВКИ КОМБИКОРМОВ В МЯГКИЕ КОНТЕЙНЕРЫ С ОДНОВРЕМЕННОЙ ПОДАЧЕЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ

Михаил Юрьевич Костенко^{1✉}, **Георгий Константинович Рембалович**², **Роман Владимирович Безносюк**³, **Наталья Алексеевна Костенко**⁴, **Алексей Дмитриевич Чернышев**⁵

^{1,2,3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

⁵ Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, г. Рязань, Россия

¹kostenko.mihail2016@yandex.ru

²romario345830@yandex.ru

³romario345830@yandex.ru

⁴kostenko.mihail2016@yandex.ru

⁵AA777AA62@yandex.ru

Аннотация

Проблема и цель. Комбикорм – это сложный продукт, рецептура которого формируется из пшеницы, сои, бобовых, подсолнечника, кукурузы, травяной, костной, кровяной муки, премиксов, витаминного комплекса и других элементов. Ввиду сложности состава комбикорма он имеет ограниченный срок хранения. Целью настоящего исследования было определение параметров установки для упаковки комбикорма в среде углекислого газа в мягкие контейнеры типа Биг-Бэг.

Методология. В качестве объекта исследования выступал процесс упаковки комбикорма в мягкие контейнеры в среде углекислого газа. Для исследования применялась установка для упаковки комбикормов, снабженная устройством для подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры. Исследования потребляемой мощности при упаковке комбикорма направлены на обоснование мощности запаивателя при герметизации полиэтиленового вкладыша мягкого контейнера. При этом определялось количество углекислого газа, необходимое для заполнения мягкого контейнера с комбикормом. Использование углекислого газа для обеспечения сохранности комбикорма и его компонентов позволяет практически исключить развитие патогенной микрофлоры при упаковке комбикорма.

Результаты. В результате исследования установлено, что для упаковки одного контейнера с комбикормом массой 650 кг. потребляемая мощность запаивателя составила 0,30кВт·ч., при этом масса углекислого газа, необходимого для заполнения мягкого контейнера, составила 0,8 кг. Величина потребляемой мощности запаивателя определялась прибором анализатора качества электроэнергии CHAUVIN ARNOUX С.А 8220.

Заключение. Результаты исследований позволили обосновать затраты потребляемой мощности для запаивания полиэтиленового вкладыша мягкого контейнера с комбикормом. Исследованиями также установлено количество углекислого газа для заполнения мягкого контейнера с комбикормом, что способствует долгосрочному хранению комбикорма и его компонентов.

Ключевые слова: комбикорм, упаковка комбикорма, углекислый газ, мягкий контейнер типа Биг-Бэг

Для цитирования: Костенко М. Ю., Рембалович Г. К., Безносюк Р. В., Костенко Н. А., Чернышев А. Д. Исследование параметров установки для упаковки комбикормов в мягкие контейнеры с одновременной подачей газовой среды // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т. 15, № 2, С. 133-139 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.92.62.018](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.92.62.018)

Original article

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF THE INSTALLATION FOR PACKAGING COMPOUND FEED IN SOFT CONTAINERS WITH SIMULTANEOUS SUPPLY OF A GAS MEDIUM

Mikhail Yu. Kostenko^{1✉}, **Georgy K. Rembalovich**², **Roman V. Beznosyuk**³, **Natalia A. Kostenko**⁴, **Alexey D. Chernyshev**⁵

© Костенко М. Ю., Рембалович Г. К., Безносюк Р. В., Костенко Н. А., Чернышев А. Д. 2023 г.



^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

⁵ Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

¹kostenko.mihail2016@yandex.ru

²romario345830@yandex.ru

³romario345830@yandex.ru

⁴kostenko.mihail2016@yandex.ru

⁵AA777AA62@yandex.ru

Annotation.

Problem and goal. Compound feed is a complex product, the formulation of which is formed from wheat, soybeans, legumes, sunflower, corn, herbal, bone, blood meal, premixes, vitamin complex and other elements. Due to the complexity of the compound feed composition, it has a limited shelf life. The purpose of this study was to establish the parameters of the installation for packaging compound feed in a carbon dioxide environment in soft Big-Bag containers.

Methodology. The object of the study was the process of packaging feed in soft containers in a carbon dioxide environment. For the study, an installation for packing compound feed was used, equipped with a device for feeding compound feed and gas into soft containers. Studies of power consumption during the packaging of compound feed are aimed at substantiating the power of the sealer, when sealing the polyethylene liner of the soft container. At the same time, the amount of carbon dioxide necessary to fill the soft container with compound feed was determined. The use of carbon dioxide to ensure the safety of compound feed and its components makes it possible to practically exclude the development of pathogenic microflora during the packaging of compound feed.

Results. As a result of the study, it was found that for packing one container with compound feed weighing 650 kg. the power consumption of the sealer was 0.30 kWh, while the mass of carbon dioxide required to fill the soft container was 0.8 kg. The study of the power consumption of the sealer was determined by the CHAUVIN ARNOUX C.A 8220 power quality analyzer.

Conclusion. The results of the research made it possible to justify the cost of power consumption for sealing the polyethylene liner of a soft container with compound feed. Research has also established the amount of carbon dioxide to fill a soft container with compound feed, which contributes to the long-term storage of compound feed and its components.

Key words: feed, feed packaging, carbon dioxide, Big-Bag soft container

For citation: Kostenko M. Yu., Rembalovich G. K., Beznosyuk R. V., Kostenko N. A., Chernyshev A.I. D. Investigation of the parameters of the installation for packaging compound feed in soft containers with simultaneous supply of a gas medium // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2, P 133-139 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.92.62.018>

Введение

Комбинированные корма являются рационом питания большинства сельскохозяйственных животных, в рационе свиней он занимает до 80 %, для отдельных отраслей птицеводства комбикорм в составе рациона доходит до 100 %. Комбикорм – это сложный продукт, рецептура которого формируется из пшеницы, сои, бобовых, подсолнечника, кукурузы, травяной, костной, кровяной муки, премиксов, витаминного комплекса и других элементов [1]. Нужная рецептура комбикорма позволяет сбалансировать кормление сельскохозяйственных животных. Ввиду многокомпонентности комбикорма он имеет ограниченный срок хранения – согласно ГОСТ, срок хранения комбикорма составляет не более 40 суток, при этом речь идет как о рассыпном, так и о гранулированном комбикорме [1,2]. Гранулированный комбикорм является наиболее безопасным для кормления животных, ввиду того, что он имеет определенную тепловую обработку. В процессе изготовления гранулированный комбикорм нагревается до высоких температур, в зависимости от оборудования нагрев может достигать до 80° С. В то же время при нагреве образуются легко усваиваемые животными

соединения, которые являются хорошей питательной средой для микроорганизмов, что ограничивает условия хранения комбикорма.

Применение кормов, в рецепте которых в основном применяются зерновые (злаковые) культуры, способствует хорошему усвоению комбикорма свиньями и птицами, область хорошей перевариваемости таких кормов варьируется от 70 до 90 % [3]. При этом в процессе приготовления комбикорма для птицы применяют некоторые отходы пищевых производств, которые снижают себестоимость готовой продукции (комбикорма). В рационе комбикормов для крупного рогатого скота в основном применяют зерно, жмых, шроты, отруби, а для птицы и свиней добавляют элементы с повышенным содержанием жира, подсолнечник, кукурузу и другие [4].

Хранение комбикорма на открытом воздухе россыпью способствует образованию очагов «нагрева», где происходит порча комбикорма с образованием патогенной микрофлоры [5]. Такой способ хранения не оберегает также от мелких вредителей и грызунов, основную опасность для корма несут фекальные испражнения мелких животных-вредителей.



Целью настоящего исследования было определение параметров установки для упаковки комбикорма в среде углекислого газа в мягкие контейнеры типа Биг-Бэг. Упаковка комбикорма зависит от рецептуры комбикорма и способа кормления животных. Упаковка комбикорма может осуществляться в бумажные пакеты (крафт-мешки), в полиэтиленовые пакеты массой 50 кг. Такая тара в основном применяется для гранулированного комбикорма, при этом она не исключает развития патогенной микрофлоры и вредителей [6,7].

Материалы и методы исследования

Для исследования применялась установка для упаковки комбикормов, снабженная устройством для подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры. Общий вид установки при проведении исследований и её схема представлены на рисунках 1 и 2.



Рис. 1 – Общий вид установки для упаковки комбикормов, снабженной устройством для подачи газа в мягкие контейнеры с комбикормом
Fig. 1 – General view of the installation for packaging feed, equipped with a device for supplying gas to soft containers with feed

Установка позволяет упаковать комбикорм в мягком контейнере типа Биг-Бэг и снабжена устройством для подачи газа в мягкие контейнеры; в конструкцию устройства входит также запаиватель. Отличительной особенностью разработанного устройства для подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры заключается в том, что горловина загрузочного бункера снабжена соплами для подачи газа. Установка имеет следующие параметры:

- потребляемая мощность запаивателя – 210 Вт;
- объем загружаемого мягкого контейнера – до 1,2 м³;
- масса комбикорма – до 650 кг.

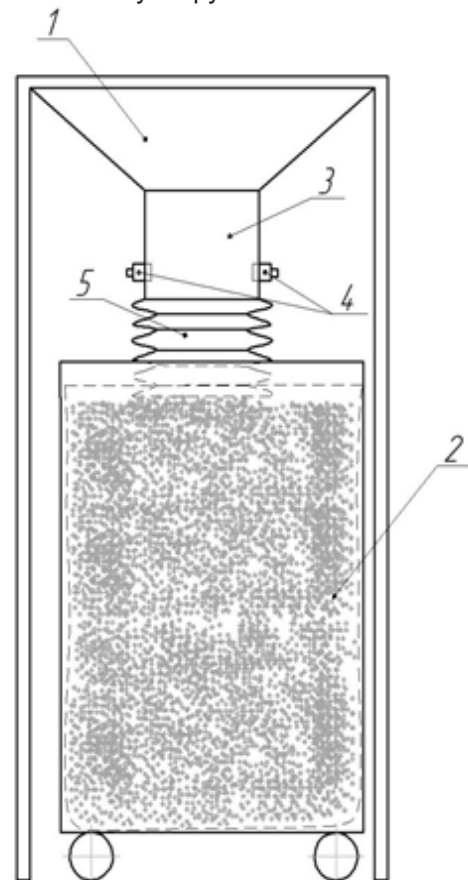
Эффективность работы установки для упаковки комбикорма в мягкие контейнеры оценивалась с помощью следующих показателей:

- трудоемкость;
- затраты электроэнергии;
- полное время упаковки комбикорма в мяг-

кие контейнеры.

Полное время упаковки комбикорма в мягкие контейнеры определялось на основе проведенного хронометража определенных последовательных операций. На начальном этапе подготавливали установку для упаковки комбикорма в мягкие контейнеры путем подключения и настройки применяемого оборудования. Цикл работы установки был разделен на операции, которые подвергались хронометражу отдельно. После проведения измерения данные вносились в хронометражно-наблюдательный лист и обрабатывались.

Качество работы установки для упаковки комбикорма в мягкие контейнеры оценивалось по двум показателям: полнота заполнения мягкого контейнера и концентрация углекислого газа в мягком контейнере. Весовой контроль загруженного комбикорма позволял наиболее объективно оценивать полноту загрузки мягкого контейнера.



1 – загрузочный бункер; 2 – мягкий контейнер;
3 – горловина загрузочного бункера; 4 – сопла для подачи газа; 5 – гофрированный рукав
1 – loading hopper; 2 – soft container;
3 – the neck of the loading hopper; 4 – nozzles for gas supply; 5 – corrugated sleeve

Рис. 2 – Схема установки для упаковки комбикормов, снабженная устройством для подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры
Fig. 2 – Scheme of the installation for packaging compound feed equipped with a device for feeding compound feed and gas into soft containers



Для контроля расхода газов по мере работы установки для упаковки комбикорма в мягкие контейнеры баллоны постоянно были установлены на весы (рис. 3).

На основе измерений веса баллонов с газом отслеживали количество подаваемого газа на этапе заполнения мягкого контейнера комбикормом. Также в процессе упаковки комбикорма в мягкие контейнеры оценивалась концентрация углекислого газа с помощью многокомпонентного газоанализатора МАГ-6 П-Т [10]. Влагомером Wile-55 проводилась предварительная оценка влажности комбикорма перед упаковкой в мягкие контейнеры [11]. Потребление электроэнергии установкой для упаковки комбикорма в мягкие контейнеры определяли с помощью счетчика СЭТ3а-01-22-01/1 (рис. 4) [12].



Рис. 3 – Контроль расхода углекислого газа при загрузке мягкого контейнера с комбикормом
Fig 3 – Control of the consumption of carbon dioxide when loading a soft container with compound feed

Экспериментальные исследования позволяют оценить эксплуатационные и технико-экономические показатели разработанной установки для упаковки комбикормов, снабженной устройством для одновременной подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры типа Биг-Бэг.



Рис. 4 – Контроль расхода потребляемой запаивателем мощности при загрузке мягкого контейнера с комбикормом

Fig. 4 – Control of the consumption of power consumption by the sealer when loading a soft container with mixed fodder

Результаты исследований и их обсуждение

При проведении исследования процесса загрузки комбикорма с применением устройства для упаковки в мягкие контейнеры с одновременной подачей газовой среды проводились измерения затрат электроэнергии и времени упаковки комбикорма в мягкие контейнеры, а также рассчитывалась трудоемкость технологических операций процесса упаковки в мягкие контейнеры типа Биг-Бэг.

В процессе упаковки комбикорма в мягкие контейнеры были выделены следующие операции:

- установка мягкого контейнера с вкладышем в кассету;
- закатывание кассеты в установку;
- продувка мягкого контейнера азотом;
- подача комбикорма в мягкий контейнер с одновременной подачей углекислого газа;
- запаивание вкладыша мягкого контейнера;
- выкатывание кассеты из установки;
- складирование мягкого контейнера.

При выполнении каждой операции проводился хронометраж, учитывалось количество работающих и измерялся расход электроэнергии. Данные измерений сведены в общую таблицу (табл.).

Установлено, что при упаковке комбикорма в мягкий контейнер объемом 1,2 м³ наиболее продолжительными являются операция загрузки комбикорма в мягкий контейнер и подача газовой среды. Поэтому в процессе разработки установки для упаковки в мягкие контейнеры внедрено конструктивное решение для одновременной подачи комбикорма и газовой среды. Предложенное техническое решение позволило объединить сразу две операции и сократить время и трудоемкость упаковки комбикорма в мягкий контейнер.



Таблица – Трудоемкость и величина потребляемой электроэнергии при упаковке комбикормов в мягкие контейнеры (на 1 контейнер до 650кг)

Операция технологического процесса упаковки комбикорма	Вид применяемого оборудования	Время работы оборудования, с	Трудоемкость операции, чел. час	Количество потребленной электроэнергии кВт·ч
Установка мягкого контейнера с вкладышем в кассету	Установка для упаковки комбикормов, снабженная устройством для подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры	120	0,033	–
Закатывание кассеты в устройство для упаковки	Установка для упаковки комбикормов, снабженная устройством для подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры	25	0,0069	–
Продувка мягкого контейнера азотом	Установка для упаковки комбикормов, снабженная устройством для подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры	20	0,0056	-
Подача комбикорма в мягкий контейнер с одновременной подачей углекислого газа	Установка для упаковки комбикормов, снабженная устройством для подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры	270	0,075	–
Запаивание вкладыша мягкого контейнера	Запайватель 900NI Foodatlas	80	0,0222	0,3
Выкатывание мягко-го контейнера из устройства для упаковки	Установка для упаковки комбикормов, снабженная устройством для подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры	22	0,0061	–
Всего:	–	537	0,150	0,3

В результате исследований установлено, что количество потребленной электроэнергии на упаковку одного контейнера составило 0,30 кВт·ч, при трудоемкости выполненных операций 0,15 чел·ч. Полное время упаковки комбикорма в мягкие контейнеры с одновременной подачей газовой среды составило 537 с. В процессе взвешивания баллона с углекислым газом установлено, что для заполнения мягкого контейнера типа Биг-Бэг требуется в среднем 0,8 кг углекислого газа.

Заключение

1. В процессе взвешивания баллона с углекислым газом установлено, что для заполнения мягкого контейнера типа Биг-Бэг требуется в среднем 0,8 кг углекислого газа.

2. В результате исследований установлено, что количество потребленной электроэнергии на упаковку одного контейнера составило 0,30кВт·ч, при трудоемкости выполненных операций 0,15 чел. ч за полное время упаковки комбикорма в мягкие контейнеры с одновременной подачей газовой среды 537с.

Список источников

1. К вопросу хранения комбинированных кор-

мов в среде углекислого газа / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносук [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 168. – С. 248-260. – DOI 10.21515/1990-4665-168-018. – EDNEVJJQD.

2. Исследование способов хранения комбикормов / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносук [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 170. – С. 273-281. – DOI 10.21515/1990-4665-170-019. – EDNCCEQTS.

3. Макашев, А. П. Применение углекислоты при хранении рыбы [Текст]. - Москва: Пищепромиздат, 1959. - 138 с.URL:<https://search.rsl.ru/ru/record/01006394468>

4. Исмадова, Ш. Н. Изменение химического состава комбикормов при хранении / Ш. Н. Исмадова, Ш. Ж. Юлдашева // Universum: технические науки. – 2019. – № 5(62). – С. 49-52. – EDN FCPYKC. URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=37820886>

5. Новый вид комбикорма повышенной кормовой ценности / И. В. Науменко, С. К. Волончук, К.



Я. Мотовилов, А. И. Резепин // Ползуновский вестник. – 2021. – № 2. – С. 95-101. – DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.013. – EDN XPGHEO.

6. Околелова, Т. М. Свежеубранное зерно в комбикормах для птицы: проблемы и решения / Т. М. Околелова, С. В. Енгашев // Птицеводство. – 2020. – № 5-6. – С. 17-23. – DOI 10.33845/0033-3239-2020-69-5-6-17-23. – EDN KVEVLS.

7. Закладной, Г. А. Защита зерна от вредителей при хранении / Г. А. Закладной // Современный фермер. – 2017. – № 1-2. – С. 27-29. – EDN ZFXDRB. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29972600>

8. Research of the storage process of combined feeds in the environment of carbon gas / A. D. Chernyshev, M. Y. Kostenko, A. S. Asaev [et al.] //

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 17–18 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 848. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 12101. – DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012101. – EDN WSSNT.

9. Long-term storage of combined feed in containers with unregulated gas medium / A. D. Chernyshev, I. A. Murog, A. V. Baidov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 042030. – DOI 10.1088/1755-1315/981/4/042030. – EDN GVQQA.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. K voprosu khraneniya kombinirovannykh kormov v srede uglekislogo gaza / A. D. Chernyshev, M. YU. Kostenko, R. V. Beznosyuk [i dr.] // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 168. – S. 248-260. – DOI 10.21515/1990-4665-168-018. – EDNEVJQD.

2. Issledovaniye sposobov khraneniya kombikormov / A. D. Chernyshev, M. YU. Kostenko, R. V. Beznosyuk [i dr.] // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 170. – S. 273-281. – DOI 10.21515/1990-4665-170-019. – EDNCCEQTS.

3. Makashev, A. P. Primeneniye uglekisloty pri khranении ryby [Tekst]. - Moskva: Pishchepromizdat, 1959. - 138 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006394468>

4. Ismatova, SH. N. Izmeneniye khimicheskogo sostava kombikormov pri khranении / SH. N. Ismatova, SH. ZH. Yuldasheva // Universum: tekhnicheskkiye nauki. – 2019. – № 5(62). – S. 49-52. – EDN FCPYKC. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37820886>

5. Novyy vid kombikorma povyshennoy kormovoy tsennosti / I. V. Naumenko, S. K. Volonchuk, K. YA. Motovilov, A. I. Rezepin // Polzunovskiy vestnik. – 2021. – № 2. – С. 95-101. – DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.013. – EDN XPGHEO.

6. Okolelova, T. M. Svezheubrannoye zerno v kombikormakh dlya ptitsy: problemy i resheniya / T. M. Okolelova, S. V. Yengashev // Ptitsevodstvo. – 2020. – № 5-6. – S. 17-23. – DOI 10.33845/0033-3239-2020-69-5-6-17-23. – EDN KVEVLS.

7. Zakladnoy, G. A. Zashchita zerna ot vreditel'ey pri khranении / G. A. Zakladnoy // Sovremennyy fermer. – 2017. – № 1-2. – С. 27-29. – EDN ZFXDRB. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29972600>

8. Research of the storage process of combined feeds in the environment of carbon gas / A. D. Chernyshev, M. Y. Kostenko, A. S. Asaev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 17–18 iyunya 2021 goda / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 848. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 12101. – DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012101. – EDN WSSNT.

9. Long-term storage of combined feed in containers with unregulated gas medium / A. D. Chernyshev, I. A. Murog, A. V. Baidov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 noyabrya 2021 goda. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 042030. – DOI 10.1088/1755-1315/981/4/042030. – EDN GVQQA.

Authors' contribution:

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

The authors declare no conflict of interest.

Информация об авторах

Костенко Михаил Юрьевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычев, kostenko.mihail2016@yandex.ru

Ремболович Георгий Константинович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычев, romario345830@yandex.ru



Безносюк Роман Владимирович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии металлов и ремонта машин, romario345830@yandex.ru

Костенко Наталья Алексеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры бизнес-информатики и прикладной математики, kn340010@yandex.ru

Чернышев Алексей Дмитриевич, ст. препод. кафедры «Энергетические системы и точное машиностроение», Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, AA777AA62@yandex.ru

Author information

Kostenko Mikhail Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, kostenko.mihail2016@yandex.ru

Rembalovich Georgy K., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, romario345830@yandex.ru

Beznosyuk Roman V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair romario345830@yandex.ru

Kostenko Natalya A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Business Informatics and Applied Mathematics, kn340010@yandex.ru

Chernyshev Aleksey D., Senior Lecturer, Department of Energy Systems and Precision Engineering, Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, AA777AA62@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 05.05.2023; одобрена после рецензирования 31.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 05.05.2023; approved after reviewing 31.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 629.3.083, 631.37
DOI: 10.36508/RSATU.2023.77.84.019

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ
ВОССТАНАВЛИВАЕМОЙ ДЕТАЛИ ПРИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОМ ПЛАКИРОВАНИИ**

Евгений Васильевич Пухов¹, Вячеслав Леонидович Сидоренков², Иван Алексеевич Успенский³, Иван Александрович Юхин⁴, Николай Владимирович Лимаренко⁵

^{1,3,4,5} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

² Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Россия

¹puta231@yandex.ru

²sidorenkov.slava@yandex.ru

³ivan.uspensckij@yandex.ru

⁴yuival@rambler.ru

⁵limarenkodstu@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Уход из Российской Федерации ряда зарубежных производителей сельскохозяйственной техники привел к тому, что аграриям необходимо изыскивать пути по самостоятельному обслуживанию, поиску запасных частей и ремонту машин. Одним из способов выхода из сложившейся ситуации является организация мастерских или участков по восстановлению и упрочнению дорогостоящих деталей машин, включая сельскохозяйственную технику. Перспективным видится использование современных технологий, в частности газотермического плакирования. В этом случае влияние на качество получаемого покрытия оказывает соблюдение температурных значений на поверхности детали (средней температуры T_p в месте нанесения покрытия и максимальной температуры с обратной стороны детали $T_{об}$). Актуальной задачей является разработка методики определения данных параметров.

Методология. В работе представлена методика определения рационального значения шага полосы наносимого покрытия h , обеспечивающая соблюдение оптимального теплового режима обработки детали. Под шагом полосы понимается расстояние между любыми двумя точками соседних витков траектории покрытия, образуемое при перемещении газовой горелки. Рассматриваемый параметр определяет количество витков, образуемых при вращении детали относительно газовой горелки, толщину наносимого слоя за один проход, число слоев наносимого покрытия, следовательно, количество наносимого материала и объем последующей механической обработки. Разработаны математические зависимости для определения температурных значений поверхности восстанавливаемой детали, с целью проверки которых было проведено опытное нанесение покрытия при значениях шага от 4 до 8 мм с интервалом в 1 мм.

Результаты. Эксперименты показали, что малое значение параметра h увеличивает время обработки и количество тепловой энергии, передаваемой детали, что может привести к перегреву и образованию окалины на ее поверхности. Большое значение шага нарушает равномерность покрытия и увеличивает объем последующей механической обработки. Допустимый диапазон шага полосы составил 4,4-7,4 мм. При увеличении значения шага h в указанном диапазоне наблюдается сокращение времени обработки. Отклонение опытных результатов от теоретических составило не более 5 %. Рекомендуем на практике выбор величины шага из указанного диапазона осуществлять в зависимости от ширины обрабатываемой поверхности и величины износа.

Заключение. Применение предлагаемых зависимостей при восстановлении и упрочнении деталей машин с использованием технологии газотермического плакирования повышает точность контроля температурных значений поверхности восстанавливаемой детали и обеспечивает повышение качества наносимого покрытия.

Ключевые слова: восстановление деталей, распространение тепла, порошковые покрытия, термические методы, газотермическое плакирование

Для цитирования: Пухов Е.В., Сидоренков В.Л., Успенский И.А., Юхин И.А., Лимаренко Н.В. Результаты определения температурных значений поверхности восстанавливаемой детали при газотер-



Original article

RESULTS OF DETERMINING THE TEMPERATURE VALUES OF THE SURFACE OF A RESTORED PART DURING GAS THERMAL CLADDING

Evgeniy V. Pukhov¹, Vyacheslav L. Sidorenkov²✉, Ivan A. Uspensky³, Ivan A. Yukhin⁴, Nikolai V. Limarenko⁵

^{1,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

² Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

¹ puma231@yandex.ru

² sidorenkov.slava@yandex.ru

³ ivan.uspensckij@yandex.ru

⁴ yuival@rambler.ru

⁵ limarenkodstu@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The exit of a number of foreign manufacturers of agricultural machinery from the Russian Federation has led to the fact that farmers need to find ways to independently maintain, search for spare parts, and repair machines. One of the ways out of this situation is the organization of workshops or sites for the restoration and hardening of expensive machine parts, including agricultural machinery. The use of modern technologies, in particular gas-thermal cladding, is seen as promising. In this case, the quality of the resulting coating is influenced by the observance of the temperature values on the surface of the part (the average temperature T_p at the place of coating and the maximum temperature on the reverse side of the part $T_{об}$). An urgent task is to develop a methodology for determining these parameters. The paper presents the results of their determination experimentally.

Methods. The paper presents a method for determining the rational value of the step of the strip of the applied coating h , which ensures compliance with the optimal thermal regime for processing the part. The step of the strip is understood as the distance between any two points of adjacent turns of the trajectory of the coating formed during the movement of the gas burner. The parameter under consideration determines the number of turns formed during the rotation of the part relative to the gas burner, the thickness of the applied layer in one pass, the number of layers of the applied coating, and therefore the amount of material applied and the volume of subsequent machining. Mathematical dependences have been developed to determine the temperature values of the surface of the restored part, in order to verify which experimental coating was carried out at step values from 4 to 8 mm with an interval of 1 mm.

Results. Experiments have shown that a small value of the parameter h increases the processing time and the amount of thermal energy transferred to the part, which can lead to overheating and the formation of scale on its surface. A large step value violates the uniformity of the coating and increases the amount of subsequent machining. The acceptable band pitch range was 4.4-7.4 mm. With the increase in the value of step h within the specified range, the reduction in processing time is observed. The deviation of the experimental results from the theoretical ones was within 5%. In practice, we recommend choosing the step value from the specified range depending on the width of the machined surface and the amount of wear.

Conclusion. The use of the proposed dependences in the restoration and hardening of machine parts using the technology of gas-thermal cladding increases the accuracy of controlling the temperature values of the surface of the restored part and improves the quality of the applied coating

Key words: restoration of parts, heat distribution, powder coatings, thermal methods, gas-thermal cladding.

For citation: Pukhov E.V., Sidorenkov V.L., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Limarenko N.V. The results of determining the temperature values of the surface of the restored part during gas-thermal cladding// Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023; Vol. 15 No. 2, P140-146. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.77.84.019>

Введение

В связи с введением в отношении Российской Федерации санкций рядом компаний были прекращены поставки сельскохозяйственных машин и оборудования, а также транспортных средств. По оценкам экспертов, импортные поставки снизились примерно на 50 %. За счет обновления в предыдущие годы парка сельскохозяйственной техники в 2022 году не было отмечено большого

количества отказов машин, что позволило успешно провести сельскохозяйственные работы. Это отметил министр сельского хозяйства Российской Федерации Дмитрий Патрушев 2 ноября 2022 года на заседании Правительства РФ [4,11,12].

Очевидно, что в последующие годы произойдет выработка ресурса имеющихся машин и увеличение количества их отказов. Поэтому для отечественных аграриев на ближайшие годы при-



оритетными являются следующие задачи:

– постепенный переход на технику отечественного производства либо производимую в «дружественных» странах;

– поддержание в работоспособном состоянии эксплуатируемой техники.

Благодаря государственной поддержке аграрии Российской Федерации закупают новую технику. Агропромышленная лизинговая компания АО «Росагролизинг» в 2022 году выделила на помощь сельхозтоваропроизводителям 12 млрд рублей. На ноябрь прошлого года заключено контрактов на приобретение техники больше, чем за весь 2021 год. В связи с чем ожидается серьезное увеличение доли продаж отечественной техники в 2022 году [1-3,7]

Однако досрочное прекращение эксплуатации имеющихся машин по причине их поломок наносит значительные убытки. Чтобы решить данную проблему, необходимо организовывать участки и мастерские восстановительного ремонта дефицитных запасных частей, совершенствовать и распространять технологии повышения надежности деталей машин.

В СССР была организована широкая сеть ремонтно-обслуживающих предприятий, охватывающих всю номенклатуру выпускаемых легковых и грузовых автомобилей, а также спецтехники. Также это было реализовано за счет унификации производимых деталей и узлов машин. Широко был распространен капитальный ремонт техники. Вместо того, чтобы отправляться в металллом, машины разбирались и дефектовались, пригодные детали восстанавливались. Ремонт проводился как обезличенным, так и необезличенным способом. Однако с прекращением существования Советского Союза практически все ремонтные предприятия была закрыты. На сегодняшний день в Российской Федерации данная система фактически создается заново: активно изучаются технологии восстановления и упрочнения деталей машин, разрабатываются новые методы, проекти-

руется оборудование, однако эти мероприятия не получают необходимого распространения [10,13].

При использовании технологий восстановления деталей решающим фактором является экономическая целесообразность, которая определяется из стоимости выполнения работ и планируемого ресурса детали. В случае несоблюдения или неправильного определения параметров технологического процесса фактический ресурс детали может быть значительно ниже, чем расчетный [5,6,8,9].

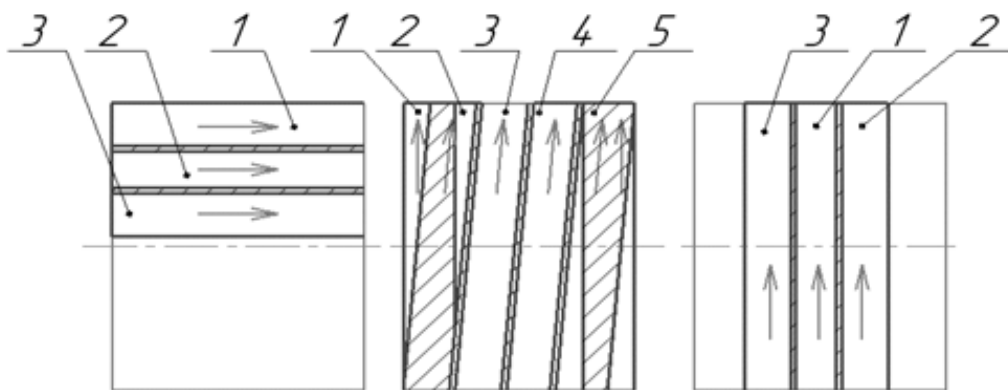
Исследование рассматриваемых зависимостей велось на примере технологии газотермического плакирования. Технологический процесс при использовании данного метода начинается с предварительного нагрева зоны обработки (рабочей зоны) до температуры 900-1000° С. В момент достижения необходимой температуры начинается подача наплавочного порошкового материала из бункера в камеру-смеситель газовой горелки.

Под давлением газов (сгорания смеси кислорода и ацетилен) порошок проходит через сопло горелки, расплавляется в ядре пламени, далее факелом наносится в расплавленном состоянии на обрабатываемую поверхность. Рабочая зона по длине дефекта перемещается одновременно с движением горелки.

Процесс формирования полосы покрытия зависит от ряда параметров: расстояния от сопла горелки до поверхности детали, скорости вращения детали, ширины полосы, шага полосы, траектории движения горелки, тепловых параметров процесса и т.д.

Материалы и методы исследования

Большое влияние на получаемое при плакировании покрытие оказывает траектория движения – последовательность и направление проходов газовой горелки. Наиболее распространены три траектории движения сопла горелки – движение по ширине обрабатываемой детали (рис. 1, а) движение по винтовой линии (рис. 1, б) и движение кольцами (рис. 1, в).



а – движение по ширине; б – движение по винтовой линии, в – движение кольцами; 1,2,3,4,5 – порядок нанесения полос порошкового материала

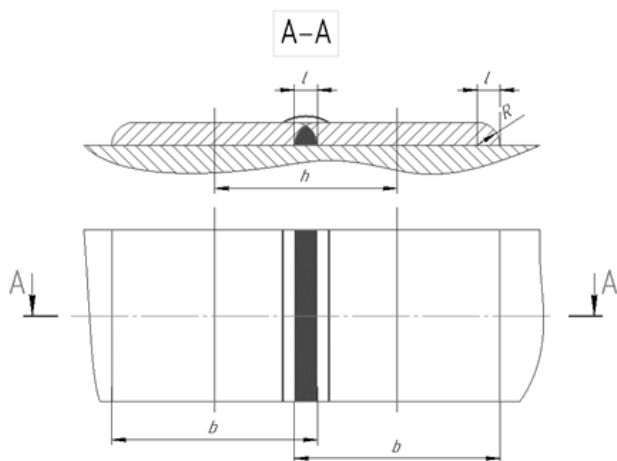
Рис. 1 – Траектории нанесения покрытия

a – movement across the width; b - movement along a helical line; c - movement in circles; 1,2,3,4,5 – the order strips of powdered material application)

Fig. 1 – Coating application trajectories



Был выбран второй вариант как обеспечивающий более равномерную толщину покрытия. Стоит отметить, что первый и последний виток движения газовой горелки проходит перпендикулярно оси вращения детали (продольное перемещение горелки отсутствует) с целью обеспечения сплошности покрытия. При этом независимой перемен-



ной был выбран шаг полосы h – расстояние между любыми двумя точками соседних витков (рис. 2).

Рис. 2 – Основные геометрические параметры наносимого покрытия

Fig. 2 – The key geometric parameters of the applied coating

Для описания процесса формирования полос покрытия введем следующие обозначения:

l – величина перекрытия двух соседних полос порошкового материала,

b – ширина полосы, наносимая за один проход газовой горелки.

Математически значение параметра h определяется как разность шага полосы b и значения ширины наложения l (формула 1).

$$h = b - l \quad (1)$$

Анализируя рисунок 2, стоит отметить, что с правой стороны полосы мы наблюдаем скругление радиусом R , равным толщине наносимого покрытия (происходящее за счет растекания жидкой фазы порошка и его последующего застывания), в центре мы наблюдаем процесс наложения полос, что позволяет нивелировать скругление поперечного профиля полосы наносимого покрытия, обеспечить стабильную толщину на всей поверхности обработки и минимизировать слой покрытия, подлежащий удалению при последующей механической обработке.

Технологический процесс восстановления или упрочнения деталей машин должен удовлетворять двум противоположным условиям – высокому качеству покрытия и низкой себестоимости. Одним из способов снижения затрат при обработке деталей цилиндрической формы технологией газотермического плакирования является сокращение времени нанесения покрытия. Например, увеличение шага h между соседними полосами

способствует сокращению времени нанесения покрытия (кольцеобразной формы в случае восстановления цилиндрической поверхности).

Малое значение расстояния h увеличивает время обработки и количество теплоты, передаваемой детали, а большое – нарушает сплошность покрытия и увеличивает объем металла, который необходимо удалить при последующей обработке. Для выбора рационального значения данного параметра предлагается использовать математический аппарат, который и был создан в рамках исследований.

Для изучения влияния шага h на показатели эффективности процесса восстановления детали проведена серия из пяти компьютерных экспериментов с использованием разработанного математического аппарата, в которых шаг полосы h изменялся от 4 до 8 мм с интервалом 1 мм. Эксперимент осуществлен при следующих условиях: диаметр восстанавливаемой детали – 60 мм, ширина восстанавливаемой детали – 42 мм, материал – Сталь 40, толщина наносимого покрытия составляла 1 мм. Скорость вращения детали, дистанция от сопла газовой горелки до поверхности детали и шаг обработки были неизменными во время проведения эксперимента. Ширина полосы при этом изменялась от 5 до 9 мм. Во всех случаях величина перекрытия полос составляет 1 мм. Использовался самофлюсующийся порошок ПР-Х4ГСР, разработанный и производимый АО «Полема».

С целью проверки уровня достоверности математических зависимостей было произведено нанесение порошкового покрытия с использованием технологии газотермического плакирования при тех же значениях шага полосы. Методика проведения эксперимента и устройство опытной установки было аналогичным для нескольких экспериментов [14].

Результаты исследований и их обсуждение

Эксперименты показали, что с увеличением шага между рядами нанесения покрытия практически линейно уменьшается температура в точке нанесения покрытия и с обратной стороны обрабатываемой детали (рисунки 3 и 4). Это связано с улучшением условий теплоотвода в точке нанесения покрытия, а также с сокращением времени обработки детали за счет большей производительности процесса нанесения покрытия.

По результатам анализа полученных данных оптимальным шагом нанесения покрытия является шаг 4,4-7,4 мм, при котором температура в области нанесения покрытия лежит в необходимом для процесса восстановления диапазоне 850-950° С и температура на обратной стороне не превышает значения образования окалины 570° С. Значения, полученные путем теоретических расчетов (рис. 3, линия а и рис. 4, линия а) превышают экспериментальные (рис. 3, линия б) и (рис. 4, линия б) не более чем на 5 %, не выходя за рамки погрешности эксперимента и практически не оказывая влияния на качество получаемых покрытий.

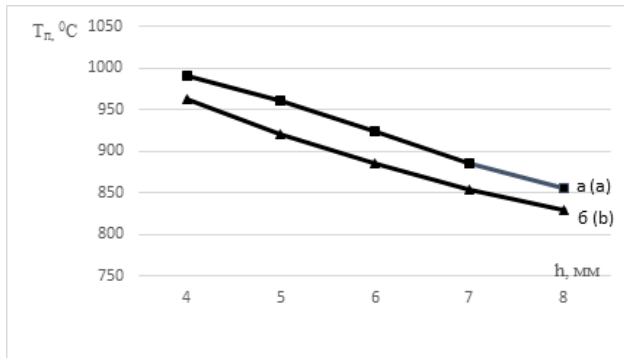


Рис. 3 – Результаты влияния шага полосы h на среднюю температуру T_p в месте нанесения покрытия:

a—■— опытная проверка; б—▲— теоретические расчеты
Fig.3 – The effects of the step of the strip on the average temperature T_p at the place of coating application:
a—■— experimental testing; б—▲— theoretical calculations

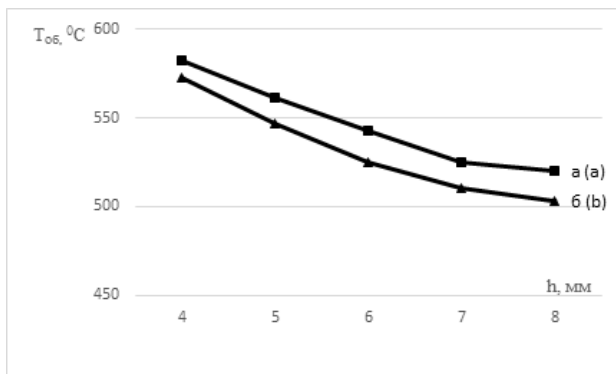


Рис. 4 – Влияние шага полосы h на максимальную температуру с обратной стороны детали $T_{обс}$:
a—■— опытная проверка; б—▲— теоретические расчеты

Fig. 4 – The effects of the step of the strip h on the maximum temperature at the opposite side of the part $T_{обс}$:
a—■— experimental testing; б—▲— theoretical calculations

Заключение

Определена масштабность и важность задачи поддержания в исправном состоянии сельскохозяйственных машин и оборудования, восстановления запасных частей.

Проведена проверка эффективности методики определения оптимального значения шага полосы h с целью обеспечения оптимального теплового режима обработки детали. Для определения достоверности полученные с помощью ЭВМ результаты определения температурных значений были приведены к результатам, полученным экспериментальным путем. Эксперименты показали, что условия соблюдения температурного режима удовлетворяют значения шага полосы от 4,4 до 7,4 мм. Отклонения экспериментальных значений от расчетных составляет не более 5 %.

Применение предлагаемых зависимостей при восстановлении и упрочнении деталей машин с использованием технологии газотермического

плакирования повышает точность контроля температурных значений поверхности восстанавливаемой детали и качество наносимого покрытия. Предложенная методика может использоваться для определения параметров (шага, ширины и толщины полосы) последующих слоев нанесения покрытия.

Список источников

1. Восстановление деталей машин - важное направление импортозамещения в агропромышленном комплексе / Лялякин В.П. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2019. № 9. С. 3-5.

2. Журавлев С.Ю. Организация и технология технического сервиса сельскохозяйственной техники нового поколения / Журавлев С.Ю. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 7 (213). С. 116-122.

3. Катаев Ю.В. Ресурсосберегающая система технического обслуживания и ремонта машин / Катаев Ю.В., Малыха Е.Ф. // Технический сервис машин. 2022. № 3 (148). С. 83-90.

4. Коренева А. В Минпромторге оценили шансы ушедших западных компаний вернуться в Россию [Электронный ресурс] / Агентство экономической информации Прайм, 19.03.2023 — URL: <https://1prime.ru/business/20220819/837832143.html> (дата обращения: 10.04.2023).

5. Кузнецов Ю.А. Теоретическое обоснование адгезии покрытий при газотермическом напылении / Кузнецов Ю.А., Кравченко И.Н., Шамрин А.В., Панков Г.Б., Селеменова Е.М. //

Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2021. № 6 (350). С. 45-53.

6. Мчедлов С.Г. Технологии нанесения газотермического покрытия при упрочнении и восстановлении рабочей поверхности деталей двигателей внутреннего сгорания / Мчедлов С.Г. // Сварочное производство. 2011. № 11. С. 38-45.

7. Новые санкции против России: влияние на рынок сельскохозяйственной техники в 2022 году [Электронный ресурс] / Магазин исследований РБК — URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/13374/> (дата обращения: 03.03.2023).

8. Перспективы восстановления ответственных деталей сельскохозяйственной техники на предприятиях АПК / Пухов Е.В., Успенский И.А., Сидоренков В.Л // В сборнике: Инновационные решения в области развития транспортных систем и дорожной инфраструктуры. Рязань, 2022. С. 12-17.

9. Разработка технологии оценки качества нанесения восстанавливающих и упрочняющих порошковых покрытий термическим способом / Пухов Е.В., Астанин В.К., Сидоренков В.Л.

// В сборнике: Проблемы ресурсообеспеченности и перспективы развития агропромышленного комплекса. Материалы национальной научно-практической конференции. Воронеж, 2021. С. 45-48.

10. Соловьев Р.Ю. Развитие рынка высокоавтоматизированной сельскохозяйственной техники. барьеры и пути их решения / Соловьев Р.Ю., Черанев С.В., Коломейченко А.В., Герасимов М.Е., Зотов П.Н., Коломейченко А.С. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 2 (30). С. 27-34.



11. Уборочная кампания в РФ находится на завершающей стадии — Патрушев / Spesagro.ru 03.03.2023 Подготовлено ФГБУ «Центр Агроаналитики» по материалам government.ru — URL: <https://spesagro.ru/news/202211/uborochnaya-kampaniya-v-rf-nakhoditsya-na-zavershayuschey-stadii-patrushev> (дата обращения: 11.02.2023).

12. Шуть Н. Причины роста импорта сельскохозяйственной техники российскими сельхозорганизациями / Шуть Н. // Международный сельскохозяйственный журнал. 2012. № 5. С. 40-42.

13. Юхин И.А. К вопросу модернизации транс-

портных средств для АПК / И.А. Юхин, И.А. Успенский, А.А. Голиков, П.В. Бондарев // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. 2014. С. 181-187.

14. Pukhov E.V. Determining the temperature values on the surface of complex curvilinearly bent agricultural machine parts during the formation of powder coatings by thermal methods / E.V. Pukhov, V.L. Sidorenkov, I.V. Shchegolev // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on Agricultural Science and Engineering" 2021. С. 012139.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Vosstanovlenie detalej mashin – vazhnoe napravlenie importozameshcheniya v agropromyshlennom komplekse / Lyalyakin V.P. // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. 2019. № 9. С. 3-5.

2. Zhuravlev S.Yu. Organizaciya i tekhnologiya tekhnicheskogo servisa sel'skohozyajstvennoj tekhniki novogo pokoleniya / Zhuravlev S.Yu. // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 7 (213). С. 116-122.

3. Kataev Yu.V. Resursosberegayushchaya sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta mashin / Kataev Yu.V., Malyha E.F. // Tekhnicheskij servis mashin. 2022. № 3 (148). С. 83-90.

4. Koreneva A. V Minpromtorge ocenili shansy ushedshih zapadnyh kompanij vernut'sya v Rossiyu [Elektronnyj resurs] / Agentstvo ekonomicheskoy informacii Prajm, 19.03.2023 — URL: <https://1prime.ru/business/20220819/837832143.html> (data obrashcheniya: 10.04.2023).

5. Kuznecov Yu.A. Teoreticheskoe obosnovanie adgezi i pokrytij pri gazotermicheskom napylenii / Kuznecov Yu.A., Kravchenko I.N., Shamrin A.V., Pankov G.B., Selemeneva E.M. //

Fundamental'nye i prikladnye problem tekhniki i tekhnologii. 2021. № 6 (350). С. 45-53.

6. Mchedlov S.G. Tekhnologii naneseniya gazotermicheskogo pokrytiya pri uprochnenii i vosstanovlenii rabochej poverhnosti detalej dvigatelej vnutrennego sgoraniya / Mchedlov S.G. // Svarochnoe proizvodstvo. 2011. № 11. С. 38-45.

7. Novye sankcii protiv Rossii: vliyanie na rynek sel'skohozyajstvennoj tekhniki v 2022 godu [Elektronnyj resurs] / Magazin issledovanij RBK — URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/13374/> (data obrashcheniya: 03.03.2023).

8. Perspektivy vosstanovleniya otvetstvennyh detalej sel'skohozyajstvennoj tekhniki na predpriyatiyah APK / Puhov E.V., Uspenskij I.A., Sidorenkov V.L. // V sbornike: Innovacionnye resheniya v oblasti razvitiya transportnyh sistem i dorozhnoj infrastruktury. Ryazan', 2022. С. 12-17.

9. Razrabotka tekhnologii ocenki kachestva naneseniya vosstanavlivayushchih i uprochnyayushchih poroshkovykh pokrytij termicheskim sposobom / Puhov E.V., Astanin V.K., Sidorenkov V.L. // V sbornike: Problemy resursoobespechennosti i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa. Materialy nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii. Voronezh, 2021. С. 45-48.

10. Solov'ev R. Yu. Razvitie rynka vysokoavtomatizirovannoj sel'skohozyajstvennoj tekhniki. bar'ery i puti ih resheniya / Solov'ev R. Yu., Cheranov S.V., Kolomejchenko A.V., Gerasimov M.E., Zotov P.N., Kolomejchenko A.S. // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2021. № 2 (30). С. 27-34.

11. Уборочная кампания в РФ находится на завершающей стадии — Патрушев / Spesagro.ru 03.03.2023 Подготовлено ФГБУ «Центр Агроаналитики» по материалам government.ru — URL: <https://spesagro.ru/news/202211/uborochnaya-kampaniya-v-rf-nakhoditsya-na-zavershayuschey-stadii-patrushev> (дата обращения: 11.02.2023).

12. Шуть Н. Причины роста импорта сельскохозяйственной техники российскими сельхозорганизациями / Шуть Н. // Международный сельскохозяйственный журнал. 2012. № 5. С. 40-42.

13. Юхин И.А. К вопросу модернизации транспортных средств для АПК / И.А. Юхин, И.А. Успенский, А.А. Голиков, П.В. Бондарев // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. 2014. С. 181-187.

14. Pukhov E.V. Determining the temperature values on the surface of complex curvilinearly bent agricultural machine parts during the formation of powder coatings by thermal methods / E.V. Pukhov, V.L. Sidorenkov, I.V. Shchegolev // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on Agricultural Science and Engineering" 2021. С. 012139.

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

Пухов Евгений Васильевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, puma231@yandex.ru

Сидоренков Вячеслав Леонидович, аспирант, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, sidorenkov.slava@yandex.ru

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, ivan.uspensckij@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, yuival@rambler.ru

Лимаренко Николай Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, limarenkodstu@yandex.ru

Author Information

Pukhov Evgeniy V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, puma231@yandex.ru

Sidorenkov Vyacheslav L., Postgraduate Student, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, sidorenkov.slava@yandex.ru.

Uspensky Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, ivan.uspensckij@yandex.ru

Yukhin Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive and Tractor Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, yuival@rambler.ru

Limarenko Nikolai V., Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, limarenkodstu@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.04.2023; одобрена после рецензирования 25.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 24.04.2023; approved after reviewing 25.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.171
DOI: 10.36508/RSATU.2023.96.91.020

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ АПК

Савельев Анатолий Петрович¹✉, Чугунов Михаил Николаевич², Еналеева Светлана Анатольевна³, Глотов Сергей Викторович⁴, Чугунов Александр Михайлович⁵

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск, Россия

⁵ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России им. Героя России Е.Н. Зиничева», г. Санкт-Петербург, Россия

¹ tbsap52@mail.ru

² jplrm@rambler.ru

³ savelyevasa@gmail.com

⁴ zaosv2005@mail.ru

⁵ alex113.1997@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью исследований являлось обеспечение пожарной безопасности работников перерабатывающего предприятия комплекса.

Методология. Исследования проведены с применением аналитического метода, с использованием натурного обследования и сопоставления.

Результаты. Статья посвящена исследованию безопасности работников одного из перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса Республики Мордовия. С учетом возможных и реализуемых последствий, наиболее значимым является обеспечение пожарной безопасности. Наличие горючих материалов в сырье, технологическом оборудовании и готовой продукции создает пожароопасную обстановку, а в случае возникновения пожара может представлять реальную угрозу жизни и здоровью людей. Для обеспечения безопасности работников необходимо объективно оценивать противопожарное состояние предприятия, которое включает анализ возможности возникновения пожара, анализ способности системы пожарной безопасности снизить интенсивность его развития и минимизировать материальные потери от пожара, но главное – оценить уровень безопасности людей.

Заключение. Количественной величиной оценки уровня обеспечения безопасности людей является риск. Существующая нормативно-правовая база позволяет производить оценку пожарных рисков промышленных предприятий. В статье приведены результаты оценки безопасности персонала перерабатывающего предприятия АПК на основе пожарного риска [6,20].

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, пожарная безопасность, нормативные требования, системы обеспечения пожарной безопасности, пожарная нагрузка, горючие вещества, индивидуальный пожарный риск

Для цитирования: Савельев А.П., Чугунов М.Н., Еналеева С.А., Глотов С.В., Чугунов А.М. Обеспечение безопасности работников перерабатывающего предприятия АПК // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т. 15, №2. С. 147-153 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.96.91.020>

Original article

ENSURING THE SAFETY OF EMPLOYEES OF THE AIC PROCESSING ENTERPRISE

Savelyev Anatoly P.¹✉, Chugunov Mikhail N.², Enaleeva Svetlana A.³, Glotov Sergey V.⁴, Chugunov Alexander M.⁵

^{1,2,3,4} FSBEI HE "National Research Mordovia State University named after I.I. N.P. Ogareva, Saransk, Russia

⁵ FGBOU VO "St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia named after. Hero of Russia E.N. Zinichev", St. Petersburg, Russia

¹ tbsap52@mail.ru



² jplrm@rambler.ru

³ savelyevasa@gmail.com

⁴ zaosv2005@mail.ru

⁵ alex113.1997@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of the research was to ensure the fire safety of employees of the processing plant of the agro complex.

Methodology. The studies were carried out using the analytical method, field examination and comparison.

Results. The article is devoted to the study of the safety of employees of one of the processing enterprises of the agro-industrial complex of the Republic of Mordovia. Taking into account possible and realizable consequences, fire safety is most significant. The presence of combustible materials in raw materials, process equipment and finished products creates a fire hazardous situation, and in the event of a fire, it can pose a real threat to human life and health. To ensure the safety of employees, it is necessary to assess the fire-prevention state of the enterprise objectively, which includes an analysis of the possibility of a fire, an analysis of the ability of the fire safety system to reduce the intensity of its development and minimize material losses from a fire, but most importantly, to assess the level of people's safety.

Conclusion. The quantitative value of the assessment of the level of ensuring the safety of people is the risk. The existing regulatory and legal framework allows assessment of fire risks of industrial enterprises. The article presents the results of assessing the safety of the personnel of the processing enterprise of the agro-industrial complex on the basis of fire risk [6,20].

Key words: agro-industrial complex, fire safety, regulatory requirements, fire safety systems, fire load, combustible substances, individual fire risk

For citation: Savelyev A.P., Chugunov M.N., Enaleeva S.A., Glotov S.V., Chugunov A.M. Ensuring the safety of employees of the agricultural processing enterprise // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2. P. 147-153 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.96.91.020>

Введение

Обеспечение пожарной безопасности работников агропромышленных предприятий являлось приоритетным направлением в сфере безопасности с началом технологического перевооружения уже в 70-х годах 20-го века с внедрением энергоёмких процессов производства. Тогда же появляются первые научные работы и учебные пособия, посвященные указанной проблематике [1, 2]. В постперестроечный период и первое десятилетие 21 века на обеспечение безопасности банально не хватало средств, что приводило к пожарам со значительными людскими и материальными потерями.

В последние годы положение меняется, причем в основу обеспечения безопасности ложится принцип приемлемого риска, который позволяет обеспечивать требуемый уровень безопасности, в какой-то мере соглашаясь на возможный материальный ущерб (реализуется право предпринимателя на риск своим имуществом), при безусловном обеспечении безопасности людей. Тем самым появляется вариативная возможность сохранения необходимого уровня пожарной безопасности [3-6].

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» [3], безопасность труда работников обеспечивается посредством выполнения минимально необходимых требований различных видов безопасности: химической, электрической, механической, пожарной и других.

Реализуемый на рассматриваемом предприятии технологический процесс предполагает переработку яйца птицы, включает в себя этапы хранения сырья, непосредственно переработку, получение полуфабрикатов, их хранение, упаковку, подготовку к транспортировке и т.д. При этом каждый этап выдвигает значительные ограничения, связанные с невозможностью обеспечить

стандартный набор мер обеспечения пожарной безопасности, что предполагает выработку специфических решений.

В частности, на относительно незначительной производственной площади формируются участки со значительной пожарной нагрузкой, что предполагает принятия решений по локализации возможного загорания, а также участки с холодильным оборудованием, на котором невозможно организовать автоматическое пожаротушение (АУП) и дымоудаление. При этом необходимо обеспечить безопасность персонала на нормативном уровне [7-19].

Критерии соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности определены Федеральным законом [5] и сведены в таблицу 1.

В рамках данной статьи предлагаются к рассмотрению результаты проведенных исследований по обеспечению безопасности работников предприятия АПК на основе расчетов пожарного риска.

Методы исследования

В ходе исследования применялись следующие методы: аналитический, натурального обследования и сопоставления.

Здание состоит из двух взаимосвязанных комплексов: складского комплекса по хранению яйца и комплекса по заморозке и хранению яичного меланжа. Представляет собой одноэтажное прямоугольное в плане здание, с размерами 90,0 x 59,0 м. Высота здания в коньке 16,875 м. Стены и кровля выполнены из сэндвич-панелей с PIR-утеплителем, а также из профлиста.

В здании имеется 9 эвакуационных выходов непосредственно наружу через калитки в наружных воротах.

В здании присутствуют помещения категории В1 (два холодильных склада) и В3 (камера хране-



ния замороженного меланжа, камера заморозки, камера разморозки) по пожарной опасности.

Предприятие работает в 3 смены по 8 часов 290 дней в году. Численность персонала смены – 11 человек.

Для системы вытяжной противодымной вентиляции предусматриваются: вентиляторы для дымоудаления; выброс продуктов горения через решетки в наружных стенах при обеспечении скорости выброса не менее 20 м/с. При включении противодымной вентиляции предусматривается отключение систем общеобменной вентиляции и кондиционирования.

Результаты исследований и их обсуждение

В соответствии с требованиями СП

486.1311500.2020 [12] и проектными решениями, так как в складских помещениях применяется высотное стеллажное хранение (более 5,5 м), то здание подлежит оборудованию АУП. Вместе с тем, оборудование АУП не предусматривается по причине невозможности его реализации в связи с особенностью технологического процесса. В целях оценки уровня обеспечения безопасности людей при указанном выше техническом оснащении системами пожарной безопасности возникла потребность в расчете пожарного риска.

Основные пожарно-технические характеристики исследуемого здания (объекта защиты) и сведения об их реализации приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Критерии соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности

Обязательное условие	Дополнительное условие (одно из приведенных)
	Выполнены требования пожарной безопасности, содержащиеся в нормативных документах по пожарной безопасности
В полном объеме выполнены требования пожарной безопасности федерального уровня [5]	Пожарный риск не превышает установленных нормативных значений (10-6 в год) [5].
	Выполнены требования специальных технических условий, отражающих специфику обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений и содержащих комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, согласованных в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области пожарной безопасности
	Выполнены требования стандарта организации
	Результаты исследований, расчетов и (или) испытаний, подтверждающие обеспечение пожарной безопасности

Таблица 2 – Пожарно-технические характеристики исследуемого здания

№ п/п	Требования, подлежащие проверке	Фактически реализованы на объекте защиты	Требования по нормам	Наименование норматива	Вывод о соответствии
1	Класс по функциональной пожарной опасности	Ф5	Ф5	Федеральный закон [5]	Выполнено
2	Степень огнестойкости	IV	IV	Таблица 6.1 СП 2.13130 [9]	Выполнено
3	Класс конструктивной пожарной опасности	C1	C0, C1	Таблица 6.1 СП 2.13130 [9]	Выполнено
4	Этажность	1	2	Таблица 6.1 СП 2.13130 [9]	
5	Площадь пожарного отсека	3452 м ²	10400 м ² (2 этажа) 25000 м ² (1 этаж)	Таблица 6.1 СП 2.13130 [9]	Выполнено
6	Автоматическая установка пожарной сигнализации	Имеется	Требуется	Пункт 18 Таблица А.1 Приложение А СП 484.1311500.2020 [11]	Выполнено
7	Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (далее СОУЭ)	3-го типа	2-го типа	Пункт 17 Таблица 2 СП 3.13130 [10]	Выполнено
8	Системы вытяжной противодымной вентиляции	Имеется	Требуется	СП 7.13130.2013 [15]	Выполнено
9	Автоматическая установка пожаротушения	Отсутствует	При наличии в складских помещениях высотного стеллажного хранения (более 5,5 м)	СП 486.1311500.2020 [12]	Не выполнено

В соответствии с требованиями Технического регламента обеспечение пожарной безопасности достигается комплексом мер, направленных на безопасную эвакуацию из зданий и территорий объекта защиты в случае пожара.

В результате обследования производственного здания установлено, что требования пожарной безопасности выполняются не в полном объеме. В этой связи нами рассчитывался индивидуальный пожарный риск и опасные факторы пожара как функции времени [21, 22, 23]).

Расчеты пожарного риска производятся в соответствии с порядком, определенным законодательством [6] и нормативно-правовым актом [20] (далее – Методика).

Были рассмотрены сценарии развития пожара: №1 – пожар на рампе; №2 – пожар в холодиль-

ной камере.

Сценарий «пожар на рампе» – вызван необходимостью учета требования Методики по размещению очага пожара на путях эвакуации у выхода, имеющего наибольшую пропускную способность, что затрудняет процесс движения людского потока в условиях воздействия ОПФ в безопасную зону.

Выбор в качестве сценария «пожар в холодильной камере» вызван требованиями Методики по размещению очага пожара в месте размещения наибольшей горючей загрузки, с учетом ее пожароопасных свойств, а также энергоемкостью оборудования.

Схема модели расчетов динамики ОПФ для сценария № 1 приведена на рисунках 1 и 2.

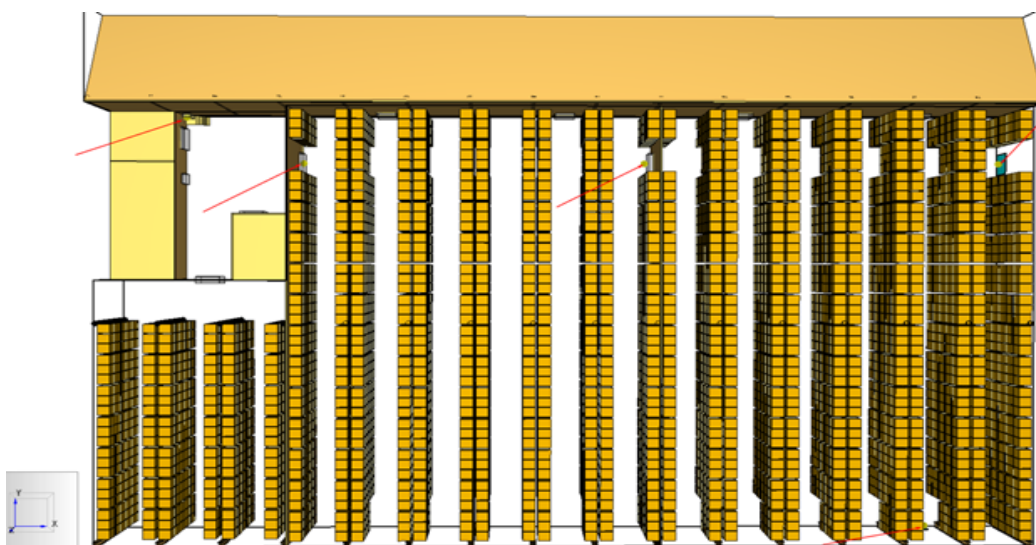


Рис. 1 – Схема модели, вид сверху, стрелками показаны точки измерения ОПФ
Fig. 1 - Scheme of the model, top view, arrows show the points of RPP measurement

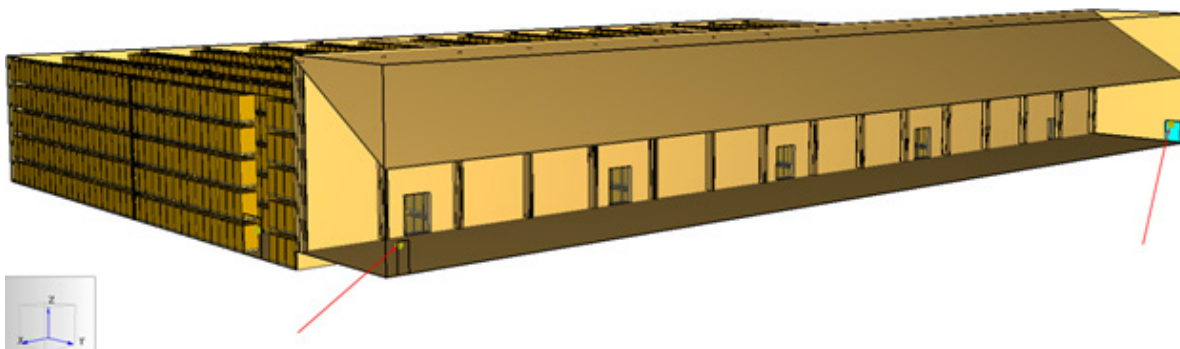


Рис. 2 – Схема модели, вид с фасада здания, стрелками показаны точки измерения ОПФ
Fig. 2 - Scheme of the model, view from the facade of the building, arrows show the measurement points of the RPP

Расчет времени эвакуации производился по индивидуально-поточной модели движения людских потоков [24].

Схема модели эвакуации приведена на рисунке 3.

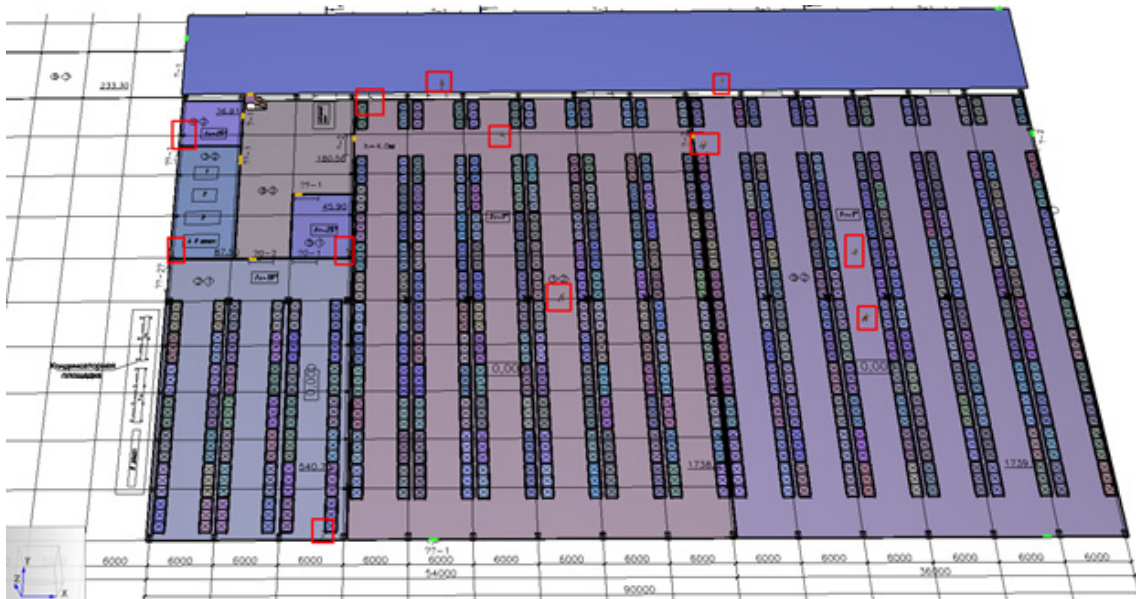


Рис. 3 - Схема модели с указанием мест размещения людей
Fig. 3 - Scheme of the model indicating the locations of people

Проведенные расчеты позволили определить
 $P_{\text{пожар}} = 4,4 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,03) \cdot (1 - 0,8) \cdot (1 - 0,8) = 1,71 \cdot 10^{-6}$,

где $4,4 \cdot 10^{-2}$ – частота возникновения пожара в здании в год;

0,8 – вероятность эффективной работы АУПС и СОУЭ;

0,3 – вероятность выхода людей из здания через аварийные или иные выходы;

0,999 – вероятность эвакуации, с учетом 20 % запаса.

Индивидуальный пожарный риск (ИПР) составил:

$$R = P_{\text{раб}} P_{\text{пожар}} = 0,265 \cdot 1,71 \cdot 10^{-6} = 4,52 \cdot 10^{-7} \text{ в год,}$$

$$\text{где } P_{\text{раб}} = \frac{8}{24} \cdot \frac{290}{365} = 0,265$$

– вероятность присутствия работников на рабочем месте.

Результаты расчетов свидетельствуют, что ИПР не превышает нормативного значения [5].

Заключение

1. Уровень обеспечения безопасности людей на исследуемом объекте соответствует нормативным требованиям.

2. Расчеты пожарного риска позволяют оценить уровень безопасности на объектах защиты со сложным технологическим процессом.

3. Предложенные подходы применимы при оценке и обеспечении безопасности работников перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса.

Список источников

1. Соколов А.В., Расчетин Г.А. Охрана сельскохозяйственных предприятий от пожаров. – М.: Рос-

сельхозиздат, 1971. – 214.

2. Зозуля В.М., Беспалый И.К., Логинов Ф.Л., Милеев Э.Б. Пожарная профилактика в промышленности и сельском хозяйстве. Учеб. пособие для пожарно-технических училищ. М.: Стройиздат, 1974. – 387 с. с ил.

3. Федеральный закон от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании».

4. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

5. Федеральный закон от 22.07.08 № 123-ФЗ «Технический регламент о пожарной безопасности».

6. Постановление Правительства РФ от 31.03.2009 №272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».

7. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».

8. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.

9. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.

10. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности.

11. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.

12. СП 486.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности.

13. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения по-



жара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.

14. СП 6.13130.2021. Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности".

15. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования.

16. СП 8.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности.

17. СП 10.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования.

18. СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения.

19. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

20. Приказ МЧС России от 10.07.2009 №404

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

«Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

21. NIST Special Publication 1019: Sixth Edition. Fire Dynamics Simulator User's Guide. - National Institute of Standards and Technology, VTT Technical Research Centre of Finland, 2013 – 262 p.

22. Отчет о НИР: «Нормативно-правовое и научно-методическое обеспечение технического регулирования в области пожарной безопасности». Раздел 2 (п. 1.3-12.Б1 Плана НИОКР МЧС России на 2016 года). Том 1. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов (окончательная редакция).

23. СИТИС 4-11: 6036-МР2. Рекомендации по использованию программы FDS с применением программ PyroSim 2010-2 и SmokeView. – Екатеринбург: ООО «СИТИС», 2011. – 176 с.

24. Pathfinder User Manual 2017. Thunderhead Engineering. Manhattan.

References

1. Sokolov A.V., Raschetin G.A. *Okhrana sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy ot pozharov.* – M.: Rossel'khozizdat, 1971. – 214.

2. Zozulya V.M., Bespalyy I.K., Loginov F.L., Mileyev E.B. *Pozharnaya profilaktika v promyshlennosti i sel'skom khozyaystve. Ucheb. posobiye dlya pozharo-tekhnicheskikh uchilishch.* M.: Stroyizdat, 1974. – 387 s. s il.

3. *Federal'nyy zakon ot 27.12.2002 №184-FZ «O tekhnicheskoy regulirovaniy».*

4. *Federal'nyy zakon ot 21.12.1994 № 69-FZ «O pozharoy bezopasnosti».*

5. *Federal'nyy zakon ot 22.07.08 № 123-FZ «Tekhnicheskyy reglament o pozharoy bezopasnosti».*

6. *Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 31.03.2009 №272 «O poryadke provedeniya raschetov po otsenke pozharogo riska».*

7. *Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 16.09.2020 № 1479 «Ob utverzhenii Pravil protivopozharnogo rezhima v Rossiyskoy Federatsii».*

8. *SP 1.13130.2020. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Evakuatsionnyye puti i vykhody.*

9. *SP 2.13130.2020. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Obespecheniye ognestoykosti ob"yektov zashchity.*

10. *SP 3.13130.2009. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Sistema opoveshcheniya i upravleniya evakuatsiyey lyudey pri pozhare. Trebovaniya pozharoy bezopasnosti.*

11. *SP 484.1311500.2020. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Sistemy pozharoy signalizatsii i avtomatizatsiya sistem protivopozharnoy zashchity. Normy i pravila proyektirovaniya.*

12. *SP 486.1311500.2020. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Perechen' zdaniy, sooruzheniy, pomeshcheniy i oborudovaniya, podlezhashchikh zashchite avtomaticheskimi ustanovkami pozharotusheniya i sistemami pozharoy signalizatsii. Trebovaniya pozharoy bezopasnosti.*

13. *SP 4.13130.2013. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Ogranicheniye rasprostraneniya pozhara na ob"yektakh zashchity. Trebovaniya k ob"yemno-planirovochnym i konstruktivnym resheniyam.*

14. *SP 6.13130.2021. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Elektrostanovki nizkovol'tnyye. Trebovaniya pozharoy bezopasnosti".*

15. *SP 7.13130.2013. Otopleniye, ventilyatsiya i konditsionirovaniye. Protivopozharnyye trebovaniya.*

16. *SP 8.13130.2020. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Naruzhnoye protivopozharnoye vodosnabzheniye. Trebovaniya pozharoy bezopasnosti.*

17. *SP 10.13130.2020. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Vnutrenniy protivopozharnyy vodoprovod. Normy i pravila proyektirovaniya.*

18. *SP 11.13130.2009. Mesta dislokatsii podrazdeleniy pozharoy okhrany. Poryadok i metodika opredeleniya.*

19. *SP 12.13130.2009. Opredeleniye kategoriy pomeshcheniy, zdaniy i naruzhnykh ustanovok po vzryvopozharnoy i pozharoy opasnosti.*

20. *Priraz MCHS Rossii ot 10.07.2009 №404 «Ob utverzhenii metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharogo riska na proizvodstvennykh ob"yektakh».*



21. NIST Special Publication 1019: Sixth Edition. Fire Dynamics Simulator User's Guide. - National Institute of Standards and Technology, VTT Technical Research Centre of Finland, 2013 – 262 p.

22. Otchet o NIR: «Normativno-pravovoye i nauchno-metodicheskoye obespecheniye tekhnicheskogo regulirovaniya v oblasti pozharnoy bezopasnosti». Razdel 2 (p. 1.3-12.B1 Plana NIOKR MCHS Rossii na 2016 goda). Tom 1. Posobiye po opredeleniyu raschetnykh velichin pozharnogo riska dlya proizvodstvennykh ob'yektov (okonchatel'naya redaktsiya).

23. SITIS 4-11: 6036-MR2. Rekomendatsii po ispol'zovaniyu programmy FDS s primeneniym programm PyroSim 2010-2 i SmokeView. – Yekaterinburg: OOO «SITIS», 2011. – 176 s.

24. Pathfinder User Manual 2017. Thunderhead Engineering. Manhattan.

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

Савельев Анатолий Петрович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, РФ, tbsap52@mail.ru

Чугунов Михаил Николаевич, канд. экон. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, РФ, iplrm@rambler.ru

Еналеева Светлана Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, РФ, savelyevasa@gmail.com

Глотов Сергей Викторович, д-р техн. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, Российская Федерация, zaosv2005@mail.ru

Чугунов Александр Михайлович, адъюнкт заочной формы обучения по специальности 2.10.1 «Пожарная безопасность», ФГБОУ ВО «Санкт-петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, alex113.1997@yandex.ru

Author information

Savelyev Anatoly P., Professor of the Department of Life Safety of the Institute of Mechanics and Energy, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Mordovian State University named after I.I. N.P. Ogaryov", Saransk, Russian Federation, phone: +7(927)195-21-25, E-mail: tbsap52@mail.ru

Chugunov Mikhail N., Associate Professor of the Department of Life Safety of the Institute of Mechanics and Energy, Ph.D. N.P. Ogaryov", Saransk, Russian Federation, phone: +7(927)197-81-78, E-mail: iplrm@rambler.ru

Enaleeva Svetlana A., Associate Professor of the Department of Life Safety of the Institute of Mechanics and Energy, Ph.D. N.P. Ogaryov", Saransk, Russian Federation, phone: +7(927)276-81-68, E-mail: savelyevasa@gmail.com

Glotov Sergey Viktorovich, Associate Professor of the Department of Life Safety of the Institute of Mechanics and Energy, Doctor of Technical Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Mordovian State University named after I.I. N.P. Ogaryov", Saransk, Russian Federation, phone: +7(927)276-02-14, E-mail: zaosv2005@mail.ru

Chugunov Alexander M., adjunct of distance learning in the specialty 2.10.1 "Fire Safety", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after Hero Russian Federation General of the Army E.N. Zinichev", St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7(927)192-86-42, E-mail: alex113.1997@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 25.04.2023; одобрена после рецензирования 31.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 25.04.2023; approved after reviewing 31.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.363:636.086.5
DOI: 10.36508/RSATU.2023.25.50.021

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ УФ-ОБРАБОТКИ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН СОИ
ПРИ ПРОРАЩИВАНИИ НА ЗЕЛЕНЬ ВИТАМИННЫЙ КОРМ**

Владимир Юрьевич Страхов , **Сергей Владимирович Вендин**², **Александр Николаевич Мануйленко**³

^{1,2,3} Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. г. Белгород, Россия.

¹strakhov_vy@bsaa.edu.ru

²vendin_sv@bsaa.edu.ru

³manuylenko_an@bsaa.edu.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В работе предлагается увеличение питательной ценности кормов посредством добавок с высоким содержанием протеина. В качестве такой добавки используют пророщенные семена сои. Соя – источник незаменимых аминокислот метионина, витаминов, микроэлементов и клетчатки. Однако зерно сои не рекомендуется скармливать без предварительной обработки (микронизации, экструдирования, СВЧ-обработки или проращивания). Все дело в наличии в семенах ядовитых антипитательных веществ. Существующие технологии по производству кормов на основе сои включают тепловую обработку для инактивации антипитательных веществ. Однако данную задачу можно решить посредством УФ-обработки с последующим проращиванием. Цель настоящего исследования заключается в определении влияния режимов ультрафиолетового облучения на всхожесть семян сои при проращивании на зеленый витаминный корм.

Методология. Исследования проводились на кафедре электрооборудования и электротехнологий Белгородского ГАУ. В качестве объектов исследования выступали семена сои. В качестве варьируемых факторов выбиралась энергетическая освещенность УФ-облучением и время УФ-обработки с целью обеззараживания перед проращиванием, а в качестве функции отклика была выбрана всхожесть семян.

Результаты. По экспериментальным данным получено регрессионное уравнение, описывающее влияние параметров УФ-обработки на всхожесть семян сои, а также построены графические зависимости изменения функции отклика в интервалах варьирования воздействующих факторов. Заключение. Результаты исследования позволили установить, что увеличение времени УФ-обработки положительно сказывается на всхожести семян сои. С позиции практического применения и повышения поточности обработки рекомендуется режим с минимальным временем обработки 30 секунд и максимальной удельной мощностью облучения 9 Вт/м².

Ключевые слова: зеленый витаминный корм, пророщенное зерно, соя, обеззараживание семян, УФ-облучение, доза обработки, технологическая линия, всхожесть.

Для цитирования: Страхов В.Ю., Вендин С.В., Мануйленко А.Н. Исследование влияния режимов УФ-обработки на всхожесть семян сои при проращивании на зеленый витаминный корм // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №2. С. 154-161 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.25.50.021>

Original article

**STUDIES ON THE EFFECT OF UV TREATMENT ON THE GERMINATION OF SOYBEAN SEEDS
DURING GERMINATION ON GREEN VITAMIN FEED**

Vladimir Yu. Strakhov , **Sergey V. Vendin**², **Alexander N. Manuylenko**³

^{1,2,3} Belgorod State Agrarian University named after V.Y. Gorin, Russia.

¹strakhov_vy@bsaa.edu.ru

²vendin_sv@bsaa.edu.ru

³manuylenko_an@bsaa.edu.ru

© Страхов В.Ю., Вендин С.В., Мануйленко А.Н., 2023 г.

**Abstract.**

Problem and purpose. The paper proposes to increase the nutritional value of feed through additives with a high protein content. As such an additive, sprouted soybean seeds are used. Soy is a source of essential amino acids methionine, vitamins, trace elements and fiber. However, soybean grain is not recommended to be fed without pretreatment (micronization, extrusion, microwave processing or germination). It's all about the presence of poisonous anti-nutritional substances in the seeds. Existing technologies for the production of soy-based feed include heat treatment for the inactivation of anti-nutrients. However, this problem can be solved by UV treatment followed by germination. The purpose of this study is to determine the effect of ultraviolet irradiation modes on the germination of soybean seeds during germination on green vitamin feed.

Methodology. The research was carried out at the Department of Electrical Equipment and Electrical Technologies of the Belgorod State University. Soybean seeds were used as research objects. The energy illumination of UV irradiation and time were chosen as variable factors UV treatment for disinfection before germination, and seed germination was chosen as the response function.

Results. According to experimental data, a regression equation describing the effect of UV treatment parameters on the germination of soybean seeds was obtained, and graphical dependences of the change in the response function in the intervals of variation of the influencing factors were constructed.

Conclusion. The results of the study allowed us to establish that the increase in time UV treatment has a positive effect on the germination of soybean seeds. From the point of view of practical application and improvement of processing accuracy, a mode with a minimum processing time of 30 seconds and a maximum specific irradiation power of 9 W/m² is recommended.

Key words: green vitamin feed, sprouted grain, soy, seed disinfection, UV irradiation, treatment dose, processing line, germination.

For citation: Strakhov V.Y., Vendin S.V., Manuylenko A.N. Studies on the effect of UV treatment on the germination of soybean seeds during germination on green vitamin feed // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2. P.154-161 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.25.50.021>

Введение

Успешное развитие отрасли животноводства на территории нашей страны неразрывно связано с производством высококачественных кормов. Обеспеченность аграриев кормами зависит от имеющейся кормовой базы. Основным источником кормов выступают стандартные смеси на основе полевых кормовых культур: клевера, люцерны, зернобобовых, однолетних трав, кукурузы на силос и зеленый корм. Если кормовой потенциал хозяйства оценивать с точки зрения земельных ресурсов, то на увеличение кормовой базы влияет площадь лугов и пастбищ и объемы заготовок сена и сенажа. Отмечается, что недостаток кормовых ресурсов выступает одной из главных причин низкой продуктивности животноводства.

Недостаток посевных площадей под кормовые культуры можно компенсировать освоением технологии производства зеленых витаминных кормов. В рацион крупного рогатого скота можно успешно добавлять зеленые витаминные корма в объеме до 30 % от общего рациона [1]. Проведенные исследования свидетельствуют, что при введении в рацион пророщенного зерна можно значительно повысить питательность и поедаемость кормов [2-5]. Зеленый витаминный корм способствует наиболее полной реализации генотипа, продлению хозяйственного использования животных, рождению здорового приплода, увеличению продуктивности и сохранению здоровья. Потенциал зеленых витаминных кормов в сельском хозяйстве активно исследуется отечественными и зарубежными учеными, развиваются технологии и технические средства для его реализации. В осенне-зимний период животные испытывают особенно сильный дефицит зеленых кормов. Добавление в рацион

пророщенной сои позволяет увеличивать перевариваемость и усваиваемость корма, восполняет недостаток полиненасыщенных жирных кислот омега-3 и омега-6, позволяет сбалансировать рацион по содержанию белков, углеводов, жиров, а также витаминов макро- и микроэлементов, биологически активных компонентов.

Повышение качества кормов в сочетании с оптимальными условиями содержания животных стимулирует прирост живой массы животных на откорме. Существующие технологии приготовления зеленых витаминных кормов на основе сои включают тепловую обработку, что приводит к увеличению затрат труда и электроэнергии и сдерживает ее широкое распространение. Для обеззараживания семян сои перед проращиванием тепловую обработку можно заменить на УФ-облучение. Таким образом, будет решен вопрос снижения общей микробной обсемененности на поверхности семян, уничтожения плесени и грибков, повышения всхожести. В свою очередь, УФ-облучение семян по сравнению с технологиями тепловой обработки требует меньших затрат энергии на единицу продукции.

Материалы и методы исследования

Известно, что УФ-облучение не способно проникать в глубину слоя семян, в связи с чем для равномерности обработки необходимо обеспечить высоту слоя в одно семя. Данные условия обработки наилучшим способом можно реализовать на нескольких устройствах: вибрационном транспортере, ленточном транспортере и обработкой семян на горизонтальной или наклонной поверхности. Каждый из способов можно охарактеризовать совокупностью недостатков и определенных преимуществ.



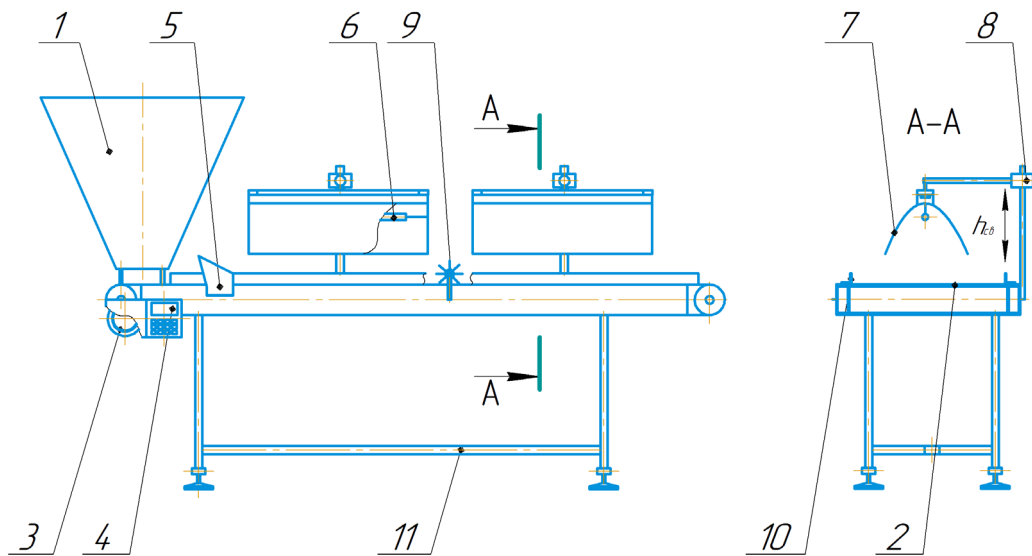
Известна конструкция вибрационного транспортера для УФ-облучения семян авторского коллектива во главе с Архиповым В.П. [6]. Анализируя конструкцию, можно отметить недостатки, связанные со сложностью управления скоростью движения семян на вибрационном транспортере в зоне обработки под УФ-лампами. В процессе работы устройства вибрация лотка провоцирует скопление пыли от семян, что в значительной мере снижает бактерицидный поток источника облучения. Необходимо периодически очищать лампы от пыли. Неоспоримым преимуществом является высокая равномерность УФ-облучения за счет постоянного вращения семян относительно своей оси при перемещении по поверхности вибрационного транспортера.

Устройства, реализующие принцип УФ-облучения семян на поверхности, обладают низкой производительностью. Если говорить об об-

работке на горизонтальной поверхности, можно отметить несколько устройств, запатентованных в Российской Федерации авторами Савельевым В.А. и Васеневым Е.А. [7, 8]. Однако в них отсутствуют узлы для механизации подачи семян под УФ-лампы и извлечения обработанных семян. В установках для обработки семян на наклонных поверхностях затрудняется процесс управления дозой облучения [9]. Для повышения дозы требуются повторные обработки или возможность увеличения энергетической освещенности.

Известны конструкции ленточных транспортеров для УФ-облучения семян по патентам авторов Владыкина И.Р., Бохана Н.И. [10, 11]. Однако в них не реализована возможность управления скоростью движения ленты транспортера.

Для проведения УФ-обработки семян была разработана экспериментальная установка ленточного типа (рис. 1) [12].



1 – бункер; 2 – лента транспортера; 3 – мотор-редуктор; 4 – преобразователь частоты; 5 – разравниватель семян; 6 – ультрафиолетовая лампа; 7 – параболический отражатель; 8 – подвеска для светильника; 9 – щетка; 10 – борт; 11 – рама

Рис. 1 – Устройство для ультрафиолетовой обработки семян ленточного типа

1 – hopper; 2 – conveyor belt; 3 – gear motor; 4 – frequency converter; 5 – seed leveler; 6 – UV lamp; 7 – parabolic reflector; 8 – suspension for the lamp; 9 – brush; 10 – side; 11 – frame

Fig. 1 – Device for ultraviolet treatment of ribbon-type seeds

В конструкции установки предусмотрен бункер для загрузки семян, ленточный транспортер для перемещения массы семян в зону обработки. Ленточный транспортер приводится в движение мотором-редуктором. Края ленты ограничены бортами. Применение ленточного транспортера в совокупности с преобразователем частоты позволяет управлять скоростью перемещения семян под источниками УФ-облучения и обеспечивать режимы обработки семян различных сельскохозяйственных культур с учетом рекомендуемой дозы облучения. Для равномерного распределения семян на поверхности ленточного транспортера предусмотрен разравниватель семян с заслонкой. Над ленточным транспортером расположены параболические отражатели с ультрафиолетовыми лампами. Отражатели выполнены из травле-

ного алюминия. Согласно исследованиям, данный материал обладает наилучшим коэффициентом отражения (близким к 88 %) УФ-излучения с длиной волны 254 нм [13]. Светильник с лампой закреплен на подвеске. Подвеска регулируется по высоте относительно ленты транспортера. На поверхности ленточного транспортера, в зоне обработки семян, между УФ-лампами смонтирована щетка с электроприводом. Применение щетки позволяет ворошить семена, тем самым способствуя повышению равномерности облучения обрабатываемой культуры со всех сторон. Устройство выполнено на раме.

Предложенное устройство позволяет механизировать и автоматизировать процесс предпосевной УФ-обработки семян различных сельскохозяйственных культур с целью обеззараживания от



плесени и грибов и стимуляции ростовых процессов в семенах перед проращиванием.

Интенсивность УФ-воздействия на семена можно регулировать мощностью ультрафиолетовых ламп и высотой их подвеса над слоем семян.

Время УФ-обработки определяется временем прохождения семенами зоны облучения и регулируется скоростью движения транспортной ленты.

Однако для реализации способа УФ-обработки семян перед проращиванием необходимо задавать режимы обработки как по интенсивности УФ-воздействия, так и по времени УФ-обработки. В связи с этим были проведены предварительные экспериментальные исследования по оценке влияния режимов предпосевной УФ-обработки семян на эффективность проращивания и определению рекомендуемых режимов для реализации процесса обработки семян на установке ленточного типа.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проводили с целью оценки влияния режимов предпосевной УФ-обработки семян на всхожесть при проращивании культуры на витаминный корм. В качестве

объекта исследований были использованы семена сои. В качестве варьируемых воздействующих факторов при проведении экспериментальных исследований приняты энергетическая освещённость УФ-облучением ($\text{Вт}/\text{м}^2$) и время УФ-обработки (с). В качестве критерия оптимизации принимали всхожесть семян после обработки [14]. В таблице 1 представлены уровни варьирования факторов, которые принимали с учетом предварительных как положительных, так и отрицательных результатов обработки полученных на основе литературного анализа и предварительных точечных экспериментов собственных исследований. При определении уровней энергетической освещенности в зоне обработки проводилось ее измерение для конкретной лампы, применяемой в опытной конструкции установки (лампа типа ДКБУ-7 спектра «УФ-С» мощностью 7 Вт). Уровни варьирования по времени обработки определялись с учетом предварительных точечных экспериментов собственных исследований, а также исходя из энергетической дозы воздействия ($\text{Дж}/\text{м}^2$). При этом учитывалась скорость движения ленты транспортера и длина излучателей.

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Наименование фактора	Уровни варьирования факторов		Интервал варьирования
	-1	+1	
Энергетическая освещённость УФ-облучением, E, $\text{Вт}/\text{м}^2$	1	9	4
Время УФ-облучения, ТОБЛУЧ, с	30	90	30

Исследования проводились в соответствии с ортогональным планом второго порядка полного двухфакторного эксперимента в четырехкратной повторности в каждой точке плана эксперимента.

Методика проведения экспериментов состояла в следующем. Вначале, в соответствии с планом эксперимента, проводилась обработка образцов семян сои. Для этого использовали ультрафиолетовую лампу типа ДКБУ-7 спектра «УФ-С» мощностью 7 Вт. Затем образцы семян передавали в испытательную лабораторию ФГБОУ ВО Белго-

родский ГАУ для определения всхожести в соответствии с ГОСТ 12038. По результатам исследований в лаборатории были получены протоколы испытаний.

Результаты исследований и их обсуждение

В соответствии с основной целью проводимых исследований было необходимо выявить влияние уровня воздействующих факторов на всхожесть семян сои. В таблице 2 представлены план эксперимента и результаты всхожести семян сои в различных точках плана.

Таблица 2 – Матрица плана и результаты эксперимента

№ опыта	X_1	X_2	Всхожесть, %	HCP_{05}
1	-1	-1	96,6	6,0
2	1	-1	97,0	1,3
3	-1	1	86,3	4,5
4	1	1	93,0	3,4
5	-1	0	95,8	6,3
6	1	0	100,0	0,0
7	0	-1	99,5	0,9
8	0	1	91,0	2,8
9	0	0	94,0	2,8
10	контроль	-	58,0	2,7



Воспроизводимость опытов оценивалась с использованием критерия Кохрена при уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$. Расчетное значение критерия Кохрена $G_{расч}=0,33$ не превышало допустимых значений $G_{0,05}=0,4$ ($0,33 \leq 0,4$).

После обработки экспериментальных данных было получено регрессионное уравнение, описывающее влияние режимов УФ-облучения на всхожесть семян сои, которое в кодированных переменных имеет вид:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_{12} X_1 X_2 + B_{11} X_{12} + B_{22} X_2^2, \quad (1)$$

где X_1 – удельная мощность источника ультрафиолетового облучения, о.е ($-1 \leq X_1 \leq +1$);

X_2 – продолжительность УФ-облучения, о.е ($-1 \leq X_2 \leq +1$); $B_0 = 96,61$; $B_1 = 1,88$; $B_2 = -3,83$;

$B_{12} = 1,08$; $B_{11} = -0,04$; $B_{22} = -2,67$.

Значимость коэффициентов проверялась по критерию Стьюдента ($t_{кр}$) при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$. Менее значимыми являются коэффициенты $B_{12}=1,08$

и $B_{11}=-0,04$. Все остальные коэффициенты уравнения (1) являются значимыми. Адекватность модели оценивалась по критерию Фишера при уровне значимости $\alpha=0,05$. Расчетное значение критерия Фишера $F_{расч}=1,83$ не превышало допустимых значений $F_{0,05}=2,57$ ($1,83 \leq 2,57$).

Расчетное уравнение регрессии в натуральных переменных получается заменой кодированных переменных в уравнении (1) их натуральными аналогами в соответствии с таблицей 1 по формулам:

$$X_1 = (E_n - 5)/4; \quad (2)$$

$$X_2 = (t_{обр} - 60)/30, \quad (3)$$

где E_n – удельная мощность источника ультрафиолетового облучения, Вт/м²;

$t_{обр}$ – продолжительность облучения, с.

На рисунке 2 приведена расчетная поверхность зависимости всхожести от влияющих факторов.

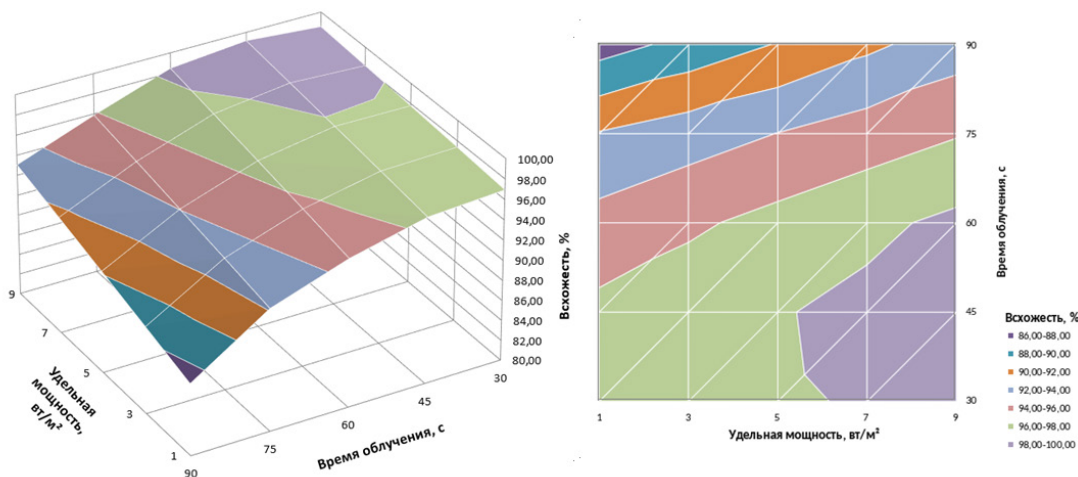


Рис. 2 – Расчетная поверхность всхожести семян в зависимости от натуральных значений удельной мощности УФ-облучения и продолжительности УФ-облучения

Fig. 2 – The calculated germination surface of seeds depending on the natural values of the specific power of UV irradiation and the duration of UV irradiation

Анализируя полученную поверхность, можно отметить, что наилучшие режимы для повышения всхожести были получены при удельной мощности 7-9 Вт/м² и продолжительности облучения 30-60 секунд. С позиции практического применения для повышения точности обработки рекомендуется режим с минимальным временем обработки 30 секунд и максимальной удельной мощностью облучения 9 Вт/м².

Разработка технологической линии для проращивания

и введения в комбикорм пророщенной сои

Для возможности проращивания и введения пророщенной сои в комбикорм предлагается технологическая линия (рис. 3) [15].

Предлагаемая технологическая линия для производства зеленых витаминных кормов работает следующим образом. Семена сои из хранилища посредством шнекового транспортера подают в

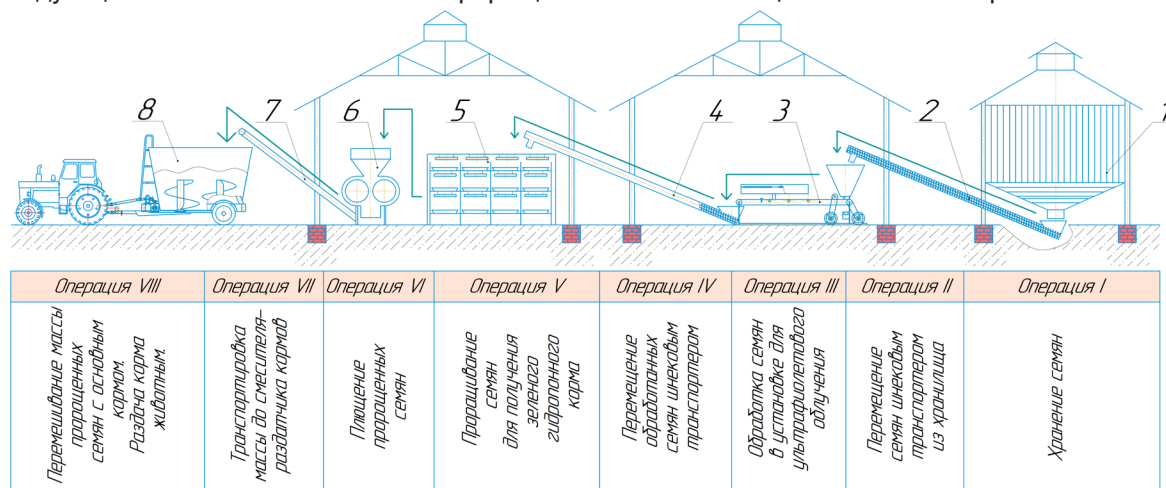
бункер устройства для УФ-обработки ленточного типа. В устройстве семена проходят обработку с учетом требуемой дозы облучения. В результате осуществляется обеззараживание поверхности и стимуляция ростковых процессов в семенах [16-18]. После ультрафиолетового облучения семена сои готовы к дальнейшему проращиванию на зеленый витаминный корм

Проращивание происходит в растильне. Транспортировка семян от устройства для УФ-обработки до растильни осуществляется шнековым транспортером. Растильня состоит из пяти блоков с несколькими ярусами для проращивания семян. Число ярусов и размер блоков выбирается с учетом объемов производства для каждого хозяйства индивидуально. Чтобы обеспечить непрерывный процесс получения зеленых кормов, семена в блоки для проращивания закладывают



с перерывом в сутки. Общая продолжительность проращивания семян на зеленый витаминный корм в растительне составляет 5 суток. Таким образом, когда на пятые сутки проращивания зеленый корм в первом блоке будет готов к скармливанию, во втором блоке до полной готовности зелени останутся сутки. По готовности зеленого корма поддоны с зеленью освобождают и заполняют новыми семенами для проращивания. Цикл повторяется. На следующем технологическом этапе пророщен-

ные семена сои расплющивают для разрушения клеточных оболочек и повышения усвояемости корма. Полученную массу после плющения подают на ленточный транспортёр и перемещают в смеситель-раздатчик корма. Зеленый витаминный корм в смесителе-раздатчике перемешивается с комбикормом. Зеленые гидропонные корма добавляют в объеме до 30 % от общего рациона животных, что вполне достаточно для повышения витаминной ценности комбикорма.



1 – хранилище семян, 2,4 – шнековый транспортер, 3 – устройство для УФ-обработки семян, 5 – растительня для проращивания семян, 6 – плющилка; 7 – ленточный транспортер, 8 – смеситель-раздатчик кормов

Рис. 3 – Технологическая линия производства зеленых витаминных кормов
1 – seed storage, 2,4 – screw conveyor, 3 – UV seed treatment device, 5 – seed germination plant, 6 – flattener, 7 – belt conveyor, 8 – mixer-distributor of feed

Fig. 3 – Technological line for the production of green vitamin feeds

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований по оценке влияния режимов предпосевной УФ-обработки на всхожесть семян сои перед проращиванием на витаминный корм установлено, что с позиции энергозатрат и практического применения для повышения поточности обработки рекомендуется режим с минимальным временем обработки 30 секунд и максимальной удельной мощностью облучения 9 Вт/м². Всхожесть при этом составила 98 % (при 58 % в контрольных образцах). Можно предположить, что повышение всхожести семян сои обусловлено суммарным эффектом УФ-обеззараживания и предпосевной стимуляции роста. Однако для оценки вклада обеззараживания необходимо проведение дополнительных исследований, учитывающих обеззараживающее (угнетающее) воздействие на патогенную микрофлору (плесень и грибки). В то же время указанный режим может быть рекомендован для предпосевной обработки семян при проращивании сои на витаминный корм животным.

Список источников

1. Походня, Г.С. Свиноводство и технология производства свинины: Сборник трудов научной школы профессора Г.С. Походни (Специальный выпуск № 2: Использование пророщенного зерна в

рационах свиней) Под общей редакцией Г.С. Походни. Белгород: Издательство БелГСХА, 2009. 68 с.

2. Hafla A.N., Soder K.J., Brito A.F., Rubano M.D., Dell C.J. Effect of sprouted barley grain supplementation of an herbage-based or haylage-based diet on ruminal fermentation and methane output in continuous culture // Journal of Dairy Science Volume 97, Issue 12, 2014, С. 7856-7869.

3. Yeon-Ji Kima, Su Hyeon Hwanga, Yaoyao Jiaa, Woo-Duck Seob, Sung-Joon Leea,с. Barley sprout extracts reduce hepatic lipid accumulation in ethanol-fed mice by activating hepatic AMP-activated protein kinase // Food Research International (Ottawa, Ont.), 2017, С. 209-217.

4. Страхов, В.Ю., Вендин С.В., Саенко Ю.В. Результаты исследований по оценке влияния предпосевной УФ-обработки и режимов искусственного освещения при проращивании люпина на витаминный корм // Агроинженерия. 2021. № 3(103). С. 36-42. DOI 10.26897/2687-1149-2021-3-36-42.

5. Вендин, С.В., Саенко Ю.В. Проращивание семян ячменя на витаминный корм свиноматкам и пороссятам-отъемышам // Кормопроизводство. 2011. №11. С. 42-44.

6. Способ обеззараживания сыпучих продуктов и устройство для его осуществления: патент № 2279806 Российская Федерация, МПК А23В9/06 (2006.01), А23L3/54 (2006.01) / В.П. Ар-



хипов, В.И. Базиков, А.С. Камруков, Н.П. Козлов, А.И. Крылов, С.Г. Шашковский, М.С. Яловик; заявл. 27.05.2004; опубл. 20.11.2005, Бюл. № 20.

7. Способ предпосевной обработки семян пшеницы: патент № 2318305 Российская Федерация, МПК А01С1/00 (2006.01) / В.А. Савельев, О.А. Курочкина; заявл. 10.05.2006; опубл. 10.03.2008, Бюл. № 7.

8. Устройство предпосевной обработки семян: патент № 142430 Российская Федерация, МПК А01С1/00 (2006.01) / Е.А. Васенев, В.Ю. Романов, Д.А. Корепанов, А.В. Бывальцев; заявл. 29.10.2013; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 7.

9. Способ предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур: патент № 2537919 Российская Федерация, МПК А01С1/00 (2006.01) / В.А. Федотов, И.В. Алтухов, В.Д. Очеров; заявл. 09.01.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 22.

10. Устройство для предпосевной обработки семян: патент № 54714 Российская Федерация, МПК А01С 1/00 (2006.01) / И.Р. Владыкин, Н.П. Кондратьева; заявл. 17.02.2006; опубл. 27.07.2006.

11. Устройство для перемешивания и обработки продукта ультрафиолетовыми лучами: патент № 1558318 Российская Федерация, МПК А01С1/00 (2000.01), В65G 47/22 (2000.01) / Н.И. Бохан,

Г.Ю. Дробышев, Л.Ю. Цвирко, Ю.В. Дробышев; заявл. 16.02.1988; опубл. 23.04.1990.

12. Устройство для ультрафиолетовой обработки семян: патент № 206252 Российская Федерация, МПК U1, А01С 1/00 (2021.05) / С.В. Вендин, В.Ю. Страхов, С.В. Килин, С.В. Соловьев, А.О.

Яковлев; заявл. 04.06.2021; опубл. 02.09.2021, Бюл. №25.

13. Kowalski W.J. Ultraviolet Gemicidal Irradiation Handbook. UVGI for Air and Surface Disinfection. Springer-Verlag Heidelberg, 2009.

14. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Страхов В.Ю. Результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности применения УФ облучения, СВЧ обработки и искусственного освещения при проращивании зерна пшеницы и ячменя на витаминный корм // Вестник аграрной науки Дона. 2019. №2. С. 42-50.

15. Технологическая линия для проращивания зерна: патент № 2782612 Российская Федерация, МПК С1, А01С 1/00 (2006.01) / С.В. Вендин, В.Ю. Страхов, Ю.В. Саенко, М.С. Широков; заявл. 13.11.2022; опубл. 31.10.2022, Бюл. №31.

16. Сафаралихонов, А.Б., Акназаров, О.А. Влияние предпосевого УФ-облучения семян пшеницы на её рост, продуктивность и активность эндогенных регуляторов роста растений // Доклады академии наук республики Таджикистан. Физиология растений Том 54. 2011. №8. С. 666-671.

17. Вендин, С.В., Саенко, Ю.В., Широков, М.С., Страхов, В.Ю. Влияние продолжительности освещения на скорость проращивания и химический состав зерна сои и люпина // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68, № 1(42). С. 93-98. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-1-93-98.

18. Юдаев, И.В. Выращивание листового салата в светодиодной облучательной камере // Сельский механизатор 2017. №1. С. 20-21.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Pohodnya G.S. Svinovodstvo i tekhnologiya proizvodstva svininy [Pig breeding and pork production technology]: Sbornik trudov nauchnoj shkoly professora G.S. Pohodni (Special'nyj vypusk №2: Ispol'zovanie prorashchennogo zerna v racionah svinej) Pod obshchej redakciej G.S. Pohodni. - Belgorod: izdatel'stvo BelGSKHA, 2009: 68.

2. Hafla A.N., Soder K.J., Brito A.F., Rubano M.D., Dell C.J. Effect of sprouted barley grain supplementation of an herbage-based or haylage-based diet on ruminal fermentation and methane output in continuous culture // Journal of Dairy Science Volume 97, Issue 12, 2014: 7856-7869.

3. Yeon-Ji Kima, Su Hyeon Hwanga, Yaoyao Jiaa, Woo-Duck Seob, Sung-Joon Leea,c. Barley sprout extracts reduce hepatic lipid accumulation in ethanol-fed mice by activating hepatic AMP-activated protein kinase // Food Research International (Ottawa, Ont.), 2017. 209-217.

4. Strahov V.Y., Vendin S.V., Saenko Y.V. Rezul'taty issledovanij po ocenke vliyaniya predposevnoj UF-obrabotki i rezhimov iskusstvennogo osveshcheniya pri prorashchivanii lyupina na vitaminnyj korm [The results of studies to assess the effect of pre-sowing UV treatment and artificial lighting modes during the germination of lupine on vitamin feed] // Agroinzheneriya. 2021. № 3(103): 36-42. DOI 10.26897/2687-1149-2021-3-36-42.

5. Vendin S.V., Saenko Y.V. Prorashchivanie semyan yachmenya na vitaminnyj korm svinomatkam i porosyatam-ot'emysyam [Germination of barley seeds for vitamin feed for sows and wean pigs], Kormoproizvodstvo. 2011. No11: 42-44.

6. Arhipov V.P., Bazikov V.I., Kamrukov A.S., Kozlov N.P., Krylov A.I., SHashkovskij S.G., Yalovik M.S. The method of disinfection of bulk products and the device for its implementation: Patent №2279806 Russian Federation, IPC A23V9/06 (2006.01), A23L3/54 (2006.01). 2005.

7. Savel'ev V.A., Kurochkina O.A. Method of pre-sowing treatment of wheat seeds: Patent №2318305 Russian Federation, IPC A01S1/00 (2006.01). 2008.

8. Vasenev E.A., Romanov V.Y., Korepanov D.A. The device of pre-sowing seed treatment: patent №142430 Russian Federation, IPC A01S1/00 (2006.01). 2014.



9. Fedotov V.A., Altuhov I.V., Ocerov V.D. Method of pre-sowing treatment of seeds of agricultural crops: Patent №2537919 Russian Federation, IPC A01S1/00 (2006.01) / 2015. (In Rus.).
10. Vladykin I.R., Kondrat'eva N.P. Device for pre-sowing seed treatment: Patent №54714 Russian Federation, IPC A01C 1/00 (2006.01). 2006. (In Rus.).
11. Bohan N.I., Drobyshev G.Y., Cvirko L.Y., Drobyshev Y.V. Device for mixing and processing the product with ultraviolet rays: Patent № 1558318 Russian Federation, IPC A01S1/00 (2000.01), B65G 47/22 (2000.01). 1990.
12. Vendin S.V., Strahov V.Y., Kilin S.V., Solov'ev S.V., YAKovlev A.O. Device for UV seed treatment: Patent № 206252 Russian Federation, IPC U1, A01C 1/00 (2021.05).2021.
13. Kowalski W.J. Ultraviolet Gemicidal Irradiation Handbook. UVGI for Air and Surface Disinfection. Springer-Verlag Heidelberg, 2009.
14. Vendin S.V., Saenko Y.V., Strahov V.Y. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij po ocenke effektivnosti primeneniya UF oblucheniya, SVCH obrabotki i iskusstvennogo osveshcheniya pri prorashchivanii zerna pshenicy i yachmenya na vitaminnyj korm [Results of experimental studies to assess the effectiveness of the application UV irradiation, microwave processing and artificial lighting during germination of wheat and barley grains for vitamin feed] // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2019. №2: 42-50.
15. Vendin S.V., Strahov V.Y., Saenko Y.V., SHirokov M.S. Technological line for grain germination: Patent № 2782612 Russian Federation, IPC S1, A01C 1/00 (2006.01). 31.10.2022.
16. Safaralixonov A.B., Aknazarov O.A. Vliyanie predposevnogo UF-oblucheniya semyan pshenicy na eyo rost, produktivnost' i aktivnost' endogennyh regulyatorov rosta rastenij [Effect of pre-sowing UV irradiation of wheat seeds on its growth, productivity and activity of endogenous plant growth regulators], Doklady akademii nauk respubliki Tadzhikistan. Fiziologiya rastenij Tom 54. 2011. No8: 666-671.
17. Vendin S.V., Saenko Y.V., SHirokov M.S., Strahov V.Y. Vliyanie prodolzhitel'nosti osveshcheniya na skorost' prorashchivaniya i himicheskij sostav zerna soi i lyupina [The effect of the duration of illumination on the germination rate and chemical composition of soybean and lupine grains] // Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK. 2021. T. 68, № 1(42): 93-98. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-1-93-98.
18. Ydaev I.V. Vyrashchivanie listovogo salata v svetodiodnoj obluchatel'noj kamere [Growing lettuce in an led irradiation chamber], Sel'skij mekhanizator 2017. No1: 20-21.

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

Страхов Владимир Юрьевич, преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, strakhov_vy@bsaa.edu.ru

Вендин Сергей Владимирович, профессор, д-р техн. наук, зав. кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, vendin_sv@bsaa.edu.ru

Мануйленко Александр Николаевич, преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, manuylenko_an@bsaa.edu.ru

Author information

Strakhov Vladimir Y., teacher of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnology in the Agricultural Sector, Belgorod State Agrarian University named after V.Y. Gorin.

Vendin Sergey V., Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the department of Electrical Equipment and Electrical Engineering in the Agricultural Sector, Belgorod State Agrarian University named after V.Y. Gorin.

Manuylenko Alexander N., teacher of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnology in the Agricultural Sector, Belgorod State Agrarian University named after V.Y. Gorin.

Статья поступила в редакцию 17.05.2023; одобрена после рецензирования 04.06.2023; принята к публикации 05.06.2023

The article was submitted 17.05.2023; approved after reviewing 04.06.2023; accepted for publication 05.06.2023





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.369.258/638.178
DOI: 10.36508/RSATU.2023.25.45.022

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ ВАКУУМНОЙ СУШКИ
ПЕРГИ РОССЫПЬЮ**

Александр Владимирович Шемякин¹, Дмитрий Евгеньевич Каширин^{2✉}, Алексей Николаевич Алексеев³, Константин Евгеньевич Гобелев⁴, Павел Борисович Скрипкин⁵

^{1,2,3,4,5}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,
г. Рязань, Россия

^{1,2,5}kadm76@mail.ru
³qwe20qw@mail.ru
⁴rulezzz7@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Для уменьшения времени сушки пчелиной перги в последнее время применяют технологию вакуумного иссушения продукта, при котором тепловая энергия подводится посредством инфракрасного излучения. Целью исследования является определение параметров и рациональных режимов работы вакуумной сушильной установки. Рассмотрена методика определения производительности установки и энергоёмкости процесса. Для проведения экспериментальных исследований была спроектирована и изготовлена лабораторная установка, которая обеспечивает сушку перги россыпью. Установка состоит из вакуумной камеры, внутри которой располагаются кассеты с инфракрасными гибкими излучателями. Терморегулятор обеспечивает изменение температуры в пределах 18-55° С. Установка оснащена вакуумным насосом, который создает остаточное давление от 0,05 до 0,09 МПа.

Методология. Для проведения испытания в кассету насыпали пергу с двух сторон от излучателя. С целью регистрации температурных параметров перги использовали микротермодатчики, расположенные в россыпи перги в разных слоях по отношению к излучаемой поверхности. Согласно технологическим требованиям, предъявляемым к процессу сушки перги, температура поддерживалась на уровне 39-40° С. С целью снижения уровня погрешности и устранения случайных факторов в ходе работы испытания проводили с трехкратной повторностью.

Результаты. В результате статистической обработки экспериментальных данных получены закономерности изменения остаточной влажности, производительности и энергоёмкости процесса сушки от глубины вакуума (уровня остаточного давления в камере), температуры и времени процесса сушки.

Заключение. В работе был выполнен расчет параметров лабораторной установки для сушки перги россыпью, таких как производительность и энергоёмкость процесса сушки, значения которых составили 1,6 кг/ч и 0,2775 кВт*ч/кг соответственно.

Ключевые слова: перга, инфракрасное излучение, вакуумная сушка, остаточное давление, производительность, энергоёмкость, конечная влажность

Для цитирования: Шемякин А.В., Каширин Д. Е., Алексеев А. Н., Гобелев К. Е., Скрипкин П. Б. Исследование энергосберегающей инфракрасной вакуумной сушки перги россыпью // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №2. С.162-167 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.25.45.022>

Original article

STUDY OF ENERGY-SAVING INFRARED VACUUM DRYING

Alexander V. Shemyakin¹, Dmitriy E. Kashirin^{2✉}, Alexei N. Alekseev³, Konstantin E. Gobelev⁴, Pavel B. Skripkin⁵

^{1,2,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

^{1,2,5}kadm76@mail.ru



³qwe20qw@mail.ru

⁴rulezzz7@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. To reduce the drying time of bee pollen, the technology of vacuum drying of the product has recently been used, in which thermal energy is supplied through infrared radiation. The purpose of the study is to determine the parameters and rational operating modes of the vacuum drying device. The technique for determining the performance of the device and the energy intensity of the process is considered. To conduct experimental studies, a laboratory device was designed and manufactured, which provides drying of bee bread in bulk. The installation consists of a vacuum chamber, inside of which there are cassettes with flexible infrared emitters. The temperature regulator provides temperature change within 18...55 °C. The unit is equipped with a vacuum pump that creates a residual pressure of 0.05 to 0.09 MPa.

Methodology. To carry out the test, bee bread was poured into the cassette on both sides of the emitter. In order to register the temperature parameters of bee bread, microthermal sensors were used, located in the places of bee bread in different layers with respect to the emitted surface. According to the technological requirements for the process of drying bee bread, the temperature was maintained at the level of 39-40°C. In order to reduce the level of error and eliminate random factors during operation, the tests were carried out with three repetitions.

Results. As a result of statistical processing of experimental data, the patterns of change in residual moisture, productivity and energy intensity of the drying process from the depth of vacuum (the level of residual pressure in the chamber), temperature and time of the drying process were obtained.

Conclusion. In the work, the parameters of a laboratory device for drying bee bread in bulk were calculated, such as productivity and energy intensity of the drying process, the values of which were 1.6 kg/h and 0.2775 kW*h/kg, respectively.

Key words: bee bread, infrared radiation, vacuum drying, residual pressure, productivity, energy consumption, final moisture content.

For citation: Shemyakin A.V., Kashirin D. E., Alekseev A. N., Gobelev K. E., Skripkin P. B. Study of energy-saving infrared vacuum drying // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 2. P.162-167 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.25.45.022>

Введение

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве широкое применение нашло использование вакуума для различных технологических процессов, таких как сушка, переработка и хранение продукции. В связи с этим на рынке появились различные устройства и машины, позволяющие использовать вакуумную технологию. Пчеловодство также не осталось в стороне, так например, для сушки маточного молочка, обезвоживания мёда, сушки пыльцы используют вакуумные установки [1-4]. В данной статье нами рассматривается вакуумная инфракрасная сушильная установка, позволяющая сократить время сушки перги и снизить энергопотребление данного процесса.

Материалы и методы исследования

Основной отличительной особенностью рассматриваемой установки является использование в конструкции вместо поддонов и нагревательных лотков двухсторонней кассеты со встроенным излучателем инфракрасного спектра. В конструкции кассеты использовались излучатели, длина волны которых находится в пределах от 3 до 15 мкм (длинноволновая область излучения). Температура источника излучения составляет от 35 до 300° С. Целью исследования является определение величины вакуума в камере и продолжительности сушки перги. Критерии оптимизации – энергоёмкость и производительность процесса сушки. Исходя из поставленных целей, задачами исследования являются: определение влияния величины вакуума, температуры источника излучения и продолжительности процесса сушки на энергоёмкость установки, определение оптимального режима ра-

боты с учетом продолжительности и энергоёмкости процесса [5].

Согласно проведенным ранее исследованиям на лабораторной установке, состоящей из сушильного шкафа и подключенного к нему вакуумного насоса, известными являются следующие параметры: остаточное давление внутри сушильной камеры, температурный режим сушильной установки, мощность гибких инфракрасных излучателей [1, 2]. Контроль за температурным режимом осуществляли при помощи двух терморегуляторов, датчики которых располагались на поверхности излучателя и внутри продукта. Величину остаточного давления регулировали при помощи вакуумметра с контактами управления, присоединенного к вакуумному насосу. С помощью блока управления выбирали температуру гибкого излучателя, регистрируемую первым термодатчиком, а температура внутри перги измерялась вторым термодатчиком (рис. 1).



Рис. 1 – Расположение термодатчика внутри перговых гранул

Fig. 1 – Location of the temperature sensor inside the parchment pellets



Общий вид лабораторной установки для вакуумной инфракрасной сушки перги россыпью представлен на рисунке 2.



1 – датчик величины вакуума; 2 – электронный термометр; 3 – вакуумная сушильная камера; 4 – электродвигатель вакуумного насоса лабораторной установки; 5 – вакуумный насос; 6 – блок управления лабораторной установки

Рис. 2 – Экспериментальная установка вакуумной инфракрасной сушки

1 - vacuum sensor; 2 - electronic thermometer; 3 - vacuum drying chamber; 4 - vacuum pump motor of laboratory unit; 5 - vacuum pump; 6 - control unit of laboratory unit

Fig. 2 – Experimental vacuum infrared drying system)

Для определения производительности вакуумной инфракрасной сушильной установки взвешивание проб осуществляли с использованием весов PocketScale MG-300 с точностью до $\pm 0,01$ граммов. После проведения цикла сушки пергу извлекали из сушильной камеры и определяли вес исследуемой порции продукта. Исходную массу пробы фиксировали в начале испытания. Остаточную влажность определяли в соответствии с ГОСТ 31776-2012 «Перга. Технические условия» по формуле:

$$W_{\%} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100, \quad (1)$$

где m_1 – масса навески перги до сушки, кг;
 m_2 – масса навески перги после сушки, кг.

После проведения эксперимента определяли производительность сушильной установки двумя методами: по высушенному сырью и по испаренной влаге.

Производительность по высушенному сырью Q_k , кг/ч:

$$Q_k = \frac{k \cdot m_c}{t}, \quad (2)$$

где k – количество кассет, размещаемых в вакуумной камере, шт;

m_c – средняя масса навески, засыпаемой в кассету, кг;

t – время сушки, ч.

Производительность по испаренной влаге M , кг/ч:

$$M = Q_k \cdot \frac{W_H - W_K}{100 - W_K}, \quad (3)$$

где W_H – начальная влажность продукта, %;

W_K – конечная влажность продукта, %.

Определение энергоёмкости установки проводили следующим способом. При помощи ваттметра замеряли потребляемую мощность в процессе сушки перги. Фиксировали максимальные значения при одновременной работе излучателей и вакуумного насоса и определяли время работы инфракрасных излучателей [6, 7].

Суммарную установленную мощность излучателей $N_{уст.}$, кВт определяли по формуле:

$$N_{уст} = S_{и} \cdot P_H \cdot \cos\varphi, \quad (4)$$

где $S_{и}$ – суммарная площадь установленных излучателей, м²;

P_H – приведенная мощность излучателей, кВт/м²;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности излучателей.

$$N_{и} = N_{уст} \cdot k_3, \quad (5)$$

Мощность, которую потребляют инфракрасные излучатели, рассчитывали по формуле:

где k_3 – коэффициент заполнения, определяемый выражением

$$k_3 = \frac{\tau}{t}, \quad (6)$$

где τ – продолжительность работы инфракрасных нагревателей, ч;

t – время сушки, ч.

Полная мощность, потребляемая установкой, определяется выражением:

$$N = N_{и} + N_H, \quad (7)$$

где N_H – мощность вакуумного насоса, кВт.

Выражение для расчета энергоёмкости установки \mathcal{E} , кВт·ч/кг:

$$\mathcal{E} = \frac{N}{M} \quad (8)$$

где M – производительность по испаренной влаге M , кг/ч или производительность установки, кг/ч

Для оптимизации параметров сушильной установки приняты следующие критерии: конечная влажность перги, производительность установки, энергоёмкость сушильной установки.



Для выбора интервалов варьирования исследуемых факторов учитывали следующие условия. Из анализа существующих вакуумных сушильных установок, используемых для пищевых продуктов, установлено, что величина остаточного давления должна находиться в диапазоне 0,05-0,09 МПа [8, 9]. На основании результатов ранее проведенных исследований установлено, что температура перги на 5° С должна быть ниже

температуры поверхности излучателей. Нижний уровень варьирования фактором «Температура теплоподводящей поверхности» принят 35° С, а верхний – 55° С. Значения фактора «Продолжительность процесса сушки», согласно предварительным опытам, находятся в пределах диапазона 2-6 часов с интервалом варьирования 2 часа.

Значения диапазонов и интервалов варьирования факторами приведены в таблице.

Таблица – Факторы и уровни их варьирования

Уровень и интервал варьирования	Фактор		
	Температура теплоподводящей поверхности, ° С x ₁	Величины вакуума, создаваемого в сушильной камере, МПа x ₂	Продолжительность процесса сушки, час x ₃
Верхний уровень (+1)	55	0,1	6
Основной уровень (0)	45	0,075	4
Нижний уровень (-1)	35	0,05	2
Интервал варьирования	10	0,025	2

Результаты предварительных экспериментов показывают, что аппроксимирующую функцию, наиболее качественно описывающую исследуемый процесс, можно представить полиномом вида

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (9)$$

где y – функция отклика (критерий оптимизации);

b₀, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коэффициенты уравнения регрессии;

x_i, x_j – независимые переменные (факторы); k – число независимых переменных (k = 3).

Результаты исследований и их обсуждение

На основании лабораторных исследований и полученных результатов был проведен статистический анализ. Расчеты параметров регрессии, статистических критериев и оптимизация результатов проводились при помощи программного обеспечения MathCAD. На основании полученных данных выявлены адекватные модели регрессии, аппроксимирующие функции рассматриваемых величин (конечная влажность продукта, производительность сушильной установки, энергоемкость установки) от величины температурных значений излучателей, величины остаточного давления в вакуумной камере и времени сушки перги:

$$W = 34,63 + 0,143 \cdot T - 160,38 \cdot P - 1,876 \cdot t + 11,48 \cdot P \cdot t, \quad (10)$$

$$M = 0,0181 + 0,2826 \cdot P - 1,7471 \cdot t, \quad (11)$$

$$\Delta = 18,282 - 0,0725 \cdot T - 124,05 \cdot P - 1,747 \cdot t, \quad (12)$$

где W – конечная влажность перги, %;

M – производительность установки, кг/ч;

Δ – энергоемкость установки, кВт·ч/кг;

T – температура излучателей, ° С;

P – величина остаточного давления, создаваемого в вакуумной камере, МПа;

t – продолжительность процесса сушки, час.

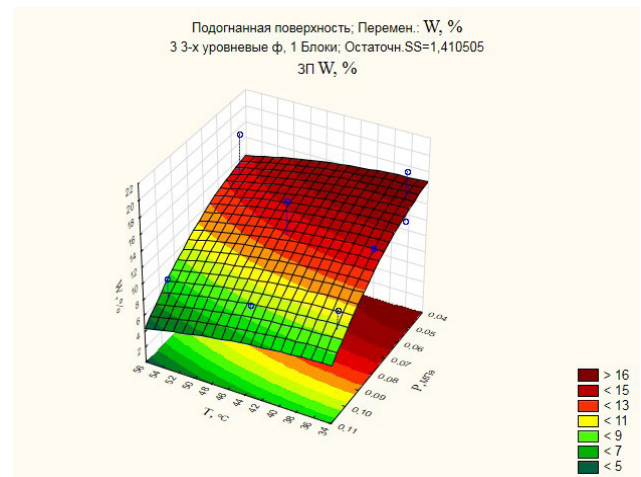
Оптимизация полученных зависимостей W(T, P, t), M(T, P, t), Δ(T, P, t), представленных урав-

нениями (10), (11) и (12), выполнена с помощью программного обеспечения MathCAD. Функция W(T, P, t) достигает минимального значения 2,593 % в точке (T = 55° С; P = 0,1 МПа; t = 6 час); функция M(T, P, t) достигает максимального значения 0,039 кг/ч в точке (T = 55° С; P = 0,1 МПа; t = 2 час); функция Δ(T, P, t) достигает минимального значения 5,382 кВт·ч/кг в точке (T = 55° С; P = 0,1 МПа; t = 2 час).

Анализ установленных зависимостей показывает, что в области плана эксперимента экстремумы функций отсутствуют. Оптимальные значения критериев находятся на границе факторного пространства.

Проанализируем зависимость конечной влажности продукта от исследуемых факторов. График, построенный по уравнению (10), представлен на рисунках 3, 4.

Из установленных зависимостей можно заключить, что с увеличением температуры теплоподводящей поверхности до 55° С снижается остаточная влажность до 2,6 %, а производительность процесса сушки возрастает до 0,039 кг/ч.



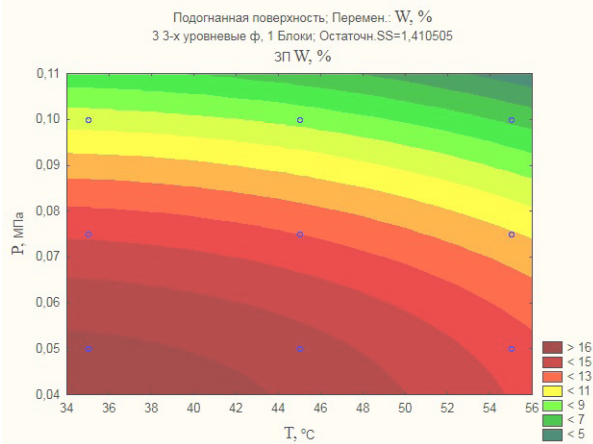


Рис. 3 – Зависимость конечной влажности от температуры поверхности излучателя, величины остаточного давления в вакуумной камере и продолжительности процесса сушки

Fig. 3 – Dependence of final humidity on the emitter surface temperature, the residual pressure value in the vacuum chamber and the drying process

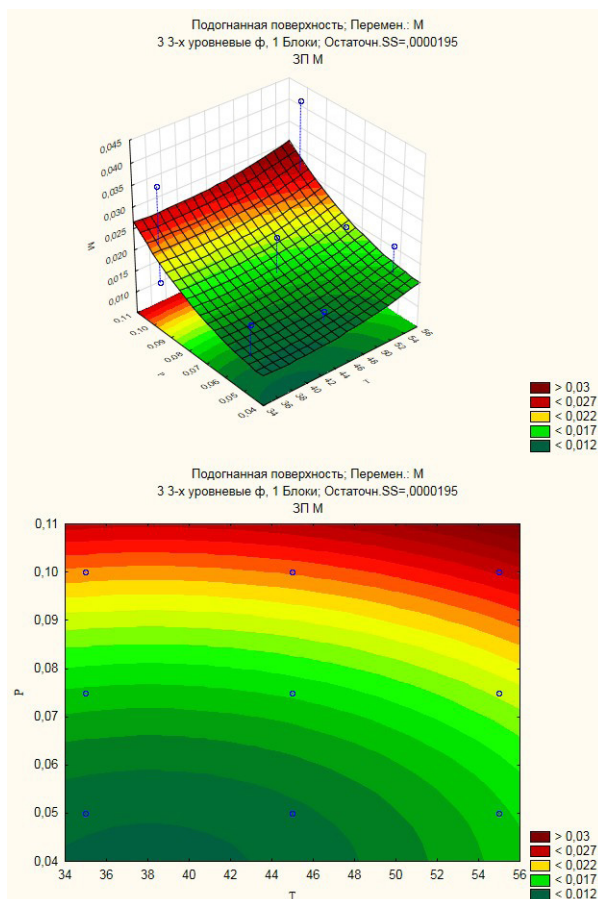


Рис. 4 – Зависимость производительности от температуры поверхности излучателя, величины остаточного давления в вакуумной камере и времени сушки перги

Fig. 4 – Dependence of performance on the emitter surface temperature, residual pressure value in the vacuum chamber and the drying time of the parchment

Залючение

Для улучшения и сохранения качества произведенной продукции в сельском хозяйстве необходимо широко использовать энергосберегающие установки, которые позволяют повысить продовольственную безопасность страны. В работе был выполнен расчет параметров лабораторной установки, таких как остаточная влажность, производительность, энергоёмкость. Из установленных зависимостей можно заключить, что с увеличением температуры теплоподводящей поверхности до 55° С снижается остаточная влажность до 2,6 %, а производительность процесса сушки возрастает до 0,039 кг/ч. (В аннотации 1,6 кг/ч и 0,2775 кВт*ч/кг соответственно).

Список источников

1. Бышов Д.Н. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: вероятностная модель процесса измельчения пчелиных сотов / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, А.А. Петухов // Вестник КрасГАУ. 2019. № 3 (144). С. 141-147.
2. Харитонов, М. Н. Методы сушки и качество перги / М. Н. Харитонов // Пчеловодство. – 2011. – № 8. – С. 56-57. – EDN OEDPWB.
3. Харитонов, Н. Н. Влияние запасов перги на жизнедеятельность пчелиных семей / Н. Н. Харитонов, М. Н. Харитонов // Пчеловодство. – 2012. – № 5. – С. 18-21. – EDN PBCQZP.
4. Волхонов, М. С. Эффективность сушки семян повышена / М. С. Волхонов, Н. М. Максимов // Сельский механизатор. – 2010. – № 1. – С. 4-5. – EDN OIKSNL.
5. Харитонов, М. Н. Динамика физико-химических показателей перги в процессе хранения / М. Н. Харитонов, Н. Н. Харитонов, Л. А. Бурмистрова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2012. – № 4(16). – С. 77-83. – EDN PLVOML.
6. Репникова, Л. В. Минеральный состав воска и сотов / Л. В. Репникова, Е. П. Лапынина, М. Н. Харитонов // Пчеловодство. – 2015. – № 6. – С. 56-57. – EDN UGTGJT.
7. Харитонов, М. Н. Влияние временных факторов на содержание в меде макро- и микроэлементов / М. Н. Харитонов, Е. П. Лапынина // Пчеловодство. – 2017. – № 10. – С. 50-52. – EDN YMKBWG.
8. Харитонов, М. Н. Влияние методов стабилизации на качество перги / М. Н. Харитонов // Пчеловодство. – 2011. – № 7. – С. 50-51. – EDN OCZUIZ.
9. Необходимость модернизации основных технологических процессов в пчеловодстве / С. В. Оськин, А. А. Лоза, С. М. Федак, М. М. Украинцев // Сельский механизатор. – 2022. – № 12. – С. 6-7. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-12-6-7. – EDN JPEYVM.
10. Оськин, С. В. Пути снижения себестоимости продукции мелкими товаропроизводителями / С. В. Оськин, М. И. Потешин, Д. М. Таранов // Сельский механизатор. – 2022. – № 5. – С. 4-5. – EDN WMCHVS.
11. Оськин, С. В. Параметры сушилки сельскохозяйственной продукции / С. В. Оськин, Д. С. Цокур, А. А. Лоза // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 11(305). – С. 40-43. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-11-40-43. – EDN YCEUQE.



Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Byshov D.N. K voprosu ochistki voskovogo syr'ya ot zagryaznenij: veroyatnostnaya model' processa izmel'cheniya pchelinyh sotov / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov, A.A. Petuhov // Vestnik KrasGAU. 2019. № 3 (144). S. 141-147.
2. Haritonova, M. N. Metody sushki i kachestvo pergi / M. N. Haritonova // Pchelovodstvo. – 2011. – № 8. – S. 56-57. – EDN OEDPWB.
3. Haritonov, N. N. Vliyanie zapasov pergi na zhiznedeyatel'nost' pchelinyh semej / N. N. Haritonov, M. N. Haritonova // Pchelovodstvo. – 2012. – № 5. – S. 18-21. – EDN PBCQZP.
4. Volhonov, M. S. Effektivnost' sushki semyan povyshena / M. S. Volhonov, N. M. Maksimov // Sel'skij mekhanizator. – 2010. – № 1. – S. 4-5. – EDN OIKSNL.
5. Haritonova, M. N. Dinamika fiziko-himicheskikh pokazatelej pergi v processe hraneniya / M. N. Haritonova, N. N. Haritonov, L. A. Burmistrova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2012. – № 4(16). – S. 77-83. – EDN PLVOML.
6. Repnikova, L. V. Mineral'nyj sostav voska i sotov / L. V. Repnikova, E. P. Lapynina, M. N. Haritonova // Pchelovodstvo. – 2015. – № 6. – S. 56-57. – EDN UGTGJT.
7. Haritonova, M. N. Vliyanie vremennykh faktorov na sodержание v mede makro- i mikroelementov / M. N. Haritonova, E. P. Lapynina // Pchelovodstvo. – 2017. – № 10. – S. 50-52. – EDN YMKBWG.
8. Haritonova, M. N. Vliyanie metodov stabilizacii na kachestvo pergi / M. N. Haritonova // Pchelovodstvo. – 2011. – № 7. – S. 50-51. – EDN OCZUIZ.
9. Neobходимость модернизации основных технологических процессов в пчеловодстве / S. V. Os'kin, A. A. Loza, S. M. Fedak, M. M. Ukrainev // Sel'skij mekhanizator. – 2022. – № 12. – S. 6-7. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-12-6-7. – EDN JPEYVM.
10. Os'kin, S. V. Puti snizheniya sebestoimosti produkcii melkimi tovaroproizvoditelyami / S. V. Os'kin, M. I. Poteshin, D. M. Taranov // Sel'skij mekhanizator. – 2022. – № 5. – S. 4-5. – EDN WMCHVS.
11. Os'kin, S. V. Parametry sushilki sel'skohozyajstvennoj produkcii / S. V. Os'kin, D. S. Cokur, A. A. Loza // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2022. – № 11(305). – S. 40-43. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-11-40-43. – EDN YCEUQE.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Шемякин Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, shem.alex62@yandex.ru

Каширин Дмитрий Евгеньевич, д-р техн. наук, зав. каф. «Электроснабжение», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, kadm76@mail.ru

Алексеев Алексей Николаевич, ст. лаборант кафедры электроснабжения, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, qwe20qw@mail.ru

Гобелев Константин Евгеньевич, аспирант кафедры электроснабжения, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, rulezzz7@mail.ru

Скрипкин Павел Борисович, ассистент кафедры электроснабжения, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань

Author Information

Shemyakin Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, shem.alex62@yandex.ru

Kashirin Dmitry E., doc. tech. Sciences., Head. cafe "Power Supply", Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, kadm76@mail.ru

Alekseev Aleksey N., Senior Laboratory Assistant, Department of Power Supply, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, qwe20qw@mail.ru

Gobelev Konstantin E. post-graduate student of the Department of Power Supply, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, rulezzz7@mail.ru

Skripkin Pavel B., Assistant of the Department of Power Supply, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan

Статья поступила в редакцию 27.04.2023; одобрена после рецензирования 28.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 28.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №2, с.168-177
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №2, pp 168-177

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 621.7.024
DOI: 10.36508/RSATU.2023.67.31.023

**НОВЫЙ ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ В СОСТАВЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ
ДЛЯ КУЗОВОВ АВТОМОБИЛЕЙ**

Александр Владимирович Шемякин¹, Иван Васильевич Фадеев², Иван Алексеевич Успенский³, Иван Александрович Юхин⁴, Шейиздан Вазыхович Садетдинов⁵

^{1,3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

² Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия

⁵ Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

² ivan-fadeev-2012@mail.ru

³ ivan.uspensckij@yandex.ru

⁴ yuival@rambler.ru

⁵ avgustaf@list.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Для достижения поставленной цели изучена система пентаборат калия – хромат калия – вода при 25° С, в результате получено новое соединение – борат хрома, которое исследовали в качестве ингибитора коррозии в составе грунтовок для окраски кузовов автомобилей.

Методология. Противокоррозионные свойства хромата калия (контроль) и бората хрома исследовали гравиметрическим и электрохимическим методами. Для гравиметрических экспериментов использовали образцы размером 50×10×2 мм из стали 08кп. Коррозионной средой являлся 3 %-й раствор NaCl, куда помещали подготовленные образцы. Продолжительность экспериментов составила 3 месяца. Образцы взвешивали до и после экспозиции, по результатам определяли защитные свойства ингибиторов. Для электрохимических исследований использовали высокоомный вольтметр потенциостат П-5848, для коррозионных и коррозионно-усталостных испытаний – оригинальную установку. Испытания проводились по общепринятым методикам, приведенным в литературных источниках.

Результаты. С повышением концентрации исследуемых ингибиторов скорость растворения стали 08кп в 3 %-м растворе поваренной соли существенно снижается. Степень защиты стали в коррозионной среде при концентрации хромата калия 1 % составляет 91,4 %, а в присутствии бората хрома такой же концентрации степень защиты становится равной 98,6 %, что подтверждает лучшие защитные свойства бората хрома. Присутствие ингибиторов в коррозионной среде смещает потенциалы растворения металла в положительную зону по отношению к потенциалу коррозии $E_{кор}$. Причем борат хрома смещает потенциал растворения металла в более положительную зону в сравнении с хроматом калия. Коррозионно-усталостные исследования подтвердили результаты гравитационных и электрохимических исследований.

Заключение. Разработан и испытан эффективный малотоксичный ингибитор коррозии – борат хрома, результаты гравиметрических, электрохимических и коррозионно-усталостных исследований которого коррелируют друг с другом и подтверждают, что добавка бората хрома концентрацией 1 % в состав грунтовок, используемых для окраски кузовов автомобилей, способствует повышению степени защиты их от коррозии, повышению циклической прочности, следовательно, надежности и срока службы. При этом борат хрома является менее токсичным соединением в сравнении с другими ингибиторами, используемыми в настоящее время в составе грунтовок.

Ключевые слова: кузов автомобиля, коррозия, ингибитор, борат хрома

Для цитирования: Шемякин А.В., Фадеев И.В., Успенский И.А., Юхин И.А., Садетдинов Ш.В. Но-



новый ингибитор коррозии в составе лакокрасочных покрытий кузовов автомобилей // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2023. Т.15, №2. С.168-177 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.67.31.023>

Original article.

NEW CORROSION INHIBITOR IN THE COMPOSITION OF PAINT AND VARNISH COATINGS CAR BODIES

Alexandr V. Shemyakin¹, Ivan V. Fadeev²✉, Ivan A. Uspensky³, Ivan A. Yukhin⁴, Sheyizdan V. Sadetdinov⁵

^{1,3,4}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

²Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary, Russia

⁵Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia

²ivan-fadeev-2012@mail.ru

³ivan.uspensckij@yandex.ru

⁴yuival@rambler.ru

⁵avgustaf@list.ru

Abstract.

Problem and purpose. To achieve this goal, the system of potassium pentaborate - potassium chromate - water at 25°C was studied, as a result, a new compound, chromium borate, was obtained, which was studied as a corrosion inhibitor in primers for painting car bodies.

Methods. The anticorrosion properties of potassium chromate (control) and chromium borate were studied by gravimetric electrochemical methods. For gravimetric experiments, samples of 50 × 10 × 2 mm in size made of steel 08kp were used. The corrosive medium was a 3% NaCl solution, where the prepared samples were placed. The duration of the experiments was 3 months. Samples were weighed before and after exposure, the results of which were used to determine the protective properties of inhibitors. For electrochemical studies, a P-5848 high-resistance voltmeter potentiostat was used, and for corrosion and corrosion-fatigue tests, an original setup was used. The tests were carried out according to generally accepted methods given in the literature.

Results. With an increase in the concentration of the studied inhibitors, the rate of dissolution of steel 08kp in a 3% sodium chloride solution decreases significantly. The degree of protection of steel in a corrosive environment at a concentration of potassium chromate of 1% is 91.4%, and in the presence of chromium borate of the same concentration, the degree of protection becomes 98.6%, which confirms the best protective properties of chromium borate. The presence of inhibitors in a corrosive environment shifts the metal dissolution potentials to the positive zone with respect to the corrosion potential E_{cor} . Moreover, chromium borate shifts the metal dissolution potential to a more positive zone in comparison with potassium chromate. Corrosion-fatigue studies confirmed the results of gravitational and electrochemical studies.

Conclusion. An effective low-toxic corrosion inhibitor, chromium borate, has been developed and tested, the results of gravimetric, electrochemical and corrosion-fatigue studies of which correlate with each other and confirm that the addition of chromium borate at a concentration of 1% to the composition of primers used for painting car bodies helps to increase the degree of their protection. against corrosion, cyclic strength, therefore, reliability and service life, while chromium borate is less toxic than other inhibitors currently used in primers.

Key words: car body, corrosion, inhibitor, chromium borate

For citation: Shemyakin A.V., Fadeev I.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Sadetdinov Sh.V. New corrosion inhibitor in the composition of paint and varnish coatings for car bodies. //Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023; Vol. 15, No. 2 P.168-177. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.67.31.023>

Введение

В настоящее время основным конструкционным материалом для изготовления кузовов легковых автомобилей являются различные марки стали, из которых наиболее применяемой является сталь 08 кп [1].

Одним из основных недостатков конструкций кузовов из металла является их подверженность коррозии и обусловленное этим сокращение срока службы.

Коррозия кузовов автомобилей в условиях экс-

плуатации обусловлена комплексным влиянием ряда факторов, в том числе таких как химические или электромеханические воздействия; наличие на поверхности металла адсорбционной пленки влаги, которая может образоваться уже при 40 %-й относительной влажности воздуха; агрессивные загрязнения атмосферы; поверхности дороги и другие [1].

Металлические элементы кузова подвергаются в основном электрохимической коррозии, когда металл кузова взаимодействует с электролитом,



который образуется в результате адсорбции из воздуха, от атмосферных осадков, конденсата в пространстве между обшивкой и кузовом. Имеют место равномерная, питтинговая, точечная разновидности коррозии, из которых наиболее опасными являются точечная и питтинговая коррозии, поражающие металл насквозь, снижая его механическую прочность [2].

Коррозия кузова зависит от состава атмосферы в зоне эксплуатации и хранения, то есть от ее загрязненности, а также температуры окружающей среды. Особенно опасны такие загрязнения атмосферы как двуокись серы, хлористый аммоний и пыль [3]. Под воздействием абразивных частиц дорожного полотна происходит механический износ поверхности кузова, разрушение целостности его декоративных и защитных покрытий. Повышение температуры окружающей среды способствует увеличению интенсивности коррозии, которая усугубляется с повышением загрязненности и влажности атмосферы [4]. Противогололедные реагенты, используемые для обработки дорог в осенне-зимний период эксплуатации, также способствуют интенсивной коррозии кузовов автомобилей.

Применяют разные методы защиты кузовов от коррозии: использование стали с высокими противокоррозионными свойствами. Ингибиторов коррозии; фосфатирование поверхности; нанесение покрытий (металлических, силикатных, лакокрасочных) и другие. Выбор способа защиты зависит от вида коррозии, его эффективности, условий эксплуатации автомобиля и др.

В настоящее время наиболее используемым способом защиты стали от коррозионного разрушения является нанесение на поверхности изделий лакокрасочных покрытий (ЛКП) [5]. Популярность этого способа защиты обосновывается простотой нанесения ЛКП на металлическую поверхность, его дешевизной и достаточно высокой защитной способностью. ЛКП изолируют поверхность металла от воздействия коррозионно-агрессивных компонентов атмосферы. Однако проникновение компонентов атмосферы через ЛКП к защищаемому металлу частично возможно по механизму диффузии, следовательно, ЛКП не исключают, а только отдалают возникновение очагов коррозии [6].

Основными показателями, определяющими сроки защитного действия ЛКП, являются равномерность, сплошность, адгезия, толщина пленки и другие, которые можно регулировать составом лакокрасочных материалов (ЛКМ), системой их покрытий, качеством подготовки поверхности и

способом нанесения ЛКМ [7].

Систему покрытий на поверхности кузовов в ремонтных условиях формируют в строго определенной последовательности: удаляют старое ЛКП, очищают от продуктов коррозии и окалины, обезжиривают, наносят фосфатный слой, покрывают грунтовкой с последующей сушкой в окрасочно-сушильной камере (ОСК), наносят эмаль методом воздушного распыления с помощью краскораспылителя в 2-3 слоя с подсушкой слоев в течение 15-20 минут. Послойная и окончательная сушка эмали осуществляется конвекционным способом в ОСК. Общая толщина покрытий должна составлять не менее 18-20 мкм [8].

Защитные свойства ЛКП на 80 % обеспечиваются грунтовкой, при этом толщина грунтовки в общей толщине ЛКП составляет около 20 % [9]. Анализ априорной информации показывает, что наибольшее распространение для повышения защитных свойств ЛКМ получили грунтовки ГФ-031, ГФ-021, ГФ-020, ГФ-0119, ПФ-020, ПФ-0142 [10, 11]. Наличие ингибиторов, их концентрация и разновидности определяют противокоррозионные свойства грунтовок. В составе грунтовок широкое применение нашли хромсодержащие ингибиторы (хроматы калия, бария, стронция, цинка), основным недостатком которых является токсичность – относятся к веществам 2 класса опасности (высокоопасным) [12].

В нынешних санкционных условиях особенно остро проявляется нехватка ингибиторов коррозии.

За счет внутреннего рынка потребность в ингибиторах коррозии к грунтовкам удовлетворяется только на 30 % [13].

В связи с этим исследования, ориентированные на расширение ассортимента грунтовок и снижение их токсичности, являются актуальными.

В качестве ингибиторов коррозии к грунтовкам также нашли применение соли борной кислоты [13], при этом они относятся к веществам 4 класса опасности (малоопасным).

В связи с вышеизложенным, целью настоящих исследований является разработка эффективно-го, малотоксичного ингибитора коррозии к грунтовкам для защиты кузовов автомобилей от коррозии и расширение ассортимента грунтовок.

Материалы и методы исследования

Для реализации цели работы изучена система пентаборат калия – хромат калия – вода ($\text{KB}_5\text{O}_8 - \text{K}_2\text{CrO}_4 - \text{H}_2\text{O}$) при 25° С по методике, приведенной в [14]. Полученные данные по растворимости в изученной системе приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные по растворимости в изученной системе

Состав жидкой фазы			Состав «остатка»		Твердые фазы
KB_5O_8	K_2CrO_4	H_2O	KB_5O_8	K_2CrO_4	
3,32	-	96,68	75,43	-	$\text{KB}_5\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
6,18	7,43	86,39	75,40	0,40	$\text{KB}_5\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
10,04	15,22	74,74	75,02	0,87	$\text{KB}_5\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
14,96	23,70	61,34	74,55	0,96	$\text{KB}_5\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$



15,00	23,76	61,24	62,30	11,54	$\text{KB}_5\text{O}_8 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{CrO}_4$
15,12	23,82	61,06	64,40	27,39	$2\text{KB}_5\text{O}_8 \cdot \text{K}_2\text{CrO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
15,20	31,08	53,72	64,42	27,40	$2\text{KB}_5\text{O}_8 \cdot \text{K}_2\text{CrO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
16,86	40,95	42,19	64,40	27,42	$2\text{KB}_5\text{O}_8 \cdot \text{K}_2\text{CrO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
16,78	40,96	42,26	27,22	56,70	$\text{KB}_5\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{CrO}_4$
16,80	40,92	42,28	1,06	98,70	K_2CrO_4
9,89	39,80	50,31	0,78	98,86	K_2CrO_4
-	39,48	60,52	-	100	K_2CrO_4

Из таблицы 1 видно, что пентаборат калия и хромат калия взаимодействуют друг с другом, в результате образуется новое двойное соединение состава $2\text{KB}_5\text{O}_8 \cdot \text{K}_2\text{CrO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (борат хрома), состав которого определен методом «остатков» Скрейнемакенса и его химическим анализом.

Для сравнительных исследований ингибиторных свойств бората хрома использовали хромат калия, который применяется в составе грунтовок как противокоррозионный пигмент.

Противокоррозионные свойства исследуемых ингибиторов оценивали гравиметрическим и электрохимическим методами, методики которых описаны в [15, 16] и [17, 18] соответственно.

Коррозионной средой являлся 3 %-й раствор NaCl. Продолжительность экспозиций – 90 суток. В связи с тем, что основным конструкционным материалом в изготовлении кузовов является сталь 08кп, для экспериментов использовали образцы размером $50 \times 10 \times 2$ мм из конструкционной углеродистой качественной стали 08кп (кипящая, с содержанием углерода 0,08 %).

Влияние исследуемых ингибиторов в 3 %-м растворе NaCl на коррозионно-электрохимическое поведение стали 08кп изучено методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых с использованием высокоомного вольтметра потенциостата П-5848 по методике, приведенной в [17, 18].

Динамические нагрузки, которые испытывает кузов при эксплуатации, вызывают переменные по величине и направлению напряжения в элементах кузова, которые усиливаются при движении автомобиля по неровной дороге. При несущей конструкции кузова нагрузки полностью воспринимаются кузовом, при рамной конструкции – только частично. Эти напряжения вызывают накопление усталости, а совместно с коррозией приводят к коррозионным и коррозионно-усталостным разрушениям. В связи с этим в работе проведены коррозионно-усталостные испытания стали 08кп по методике, описанной в [19].

Результаты исследований и их обсуждение

Данные по влиянию исследуемых ингибиторов на коррозионное поведение стали 08кп в 3 %-м растворе хлорида натрия приведены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 следует, что с повышением концентрации исследуемых ингибиторов от 0,5 до 1,5 мас. % скорость растворения стали 08кп в 3 %-м растворе поваренной соли существенно снижается. Степень защиты стали в коррозионной среде при концентрации хромата калия 1 % составляет 91,4 %, а в присутствии бората хрома такой же концентрации степень защиты становится равной 98,6 %, что подтверждает лучшие защитные свойства бората хрома. При увеличении концентрации ингибиторов свыше 1,5 мас. % противокоррозионные свойства раствора снижаются.

Таблица 2 – Влияние хромата калия и бората хрома на коррозионное поведение стали 08кп в 3 %-м растворе хлорида натрия

Ингибитор	Концентрация, мас. %	Скорость коррозии, $\text{г/м}^2 \cdot \text{час} \cdot 10^{-3}$	Ингибиторный эффект	Защитное действие, %
3 %-й раствор NaCl		21,38		
Хромат калия	0,50	4,71	4,5	78,0
	1,00	1,85	11,6	91,4
	1,50	1,80	11,9	91,6
Борат хрома	0,50	2,06	10,4	90,4
	1,00	0,30	71,2	98,6
	1,50	0,28	76,4	98,7

Электрохимические испытания стали 08кп проводили в 3 %-м растворе NaCl без добавки и с добавкой исследуемых ингибиторов концентрацией 1 % по массе; были сняты потенциодинамические поляризационные кривые стали 08кп (рис. 1).

Присутствие ингибиторов в коррозионной сре-

де смещает потенциалы растворения металла в положительную зону по отношению к потенциалу коррозии $E_{\text{кор}}$. Причем борат хрома смещает потенциал растворения металла в более положительную зону в сравнении с хроматом калия.

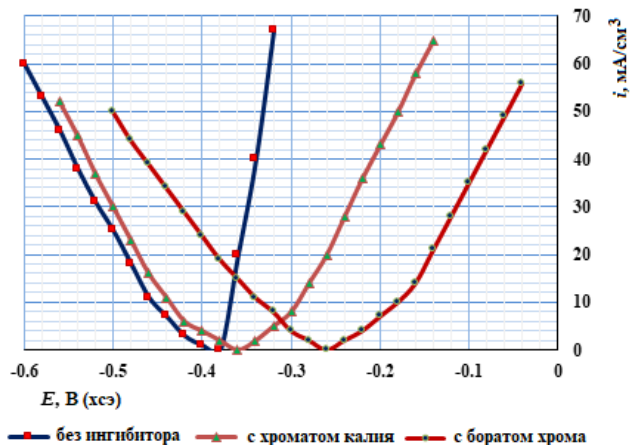


Рис -1 Анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали 08к в 3%-м растворе NaCl без ингибитора и с ингибитором: хромом калия, боратом хрома

Fug -1 Anode and cathodic potentiodynamic polarization curves of 08kp steel in 3% NaCl solution without inhibitor and with inhibitor: potassium chromate, chromium borate

Кузова автомобилей эксплуатируются в условиях одновременного воздействия переменных напряжений и агрессивной среды, что способствует их коррозии и коррозионной усталости, которые могут привести к их разрушению. Присутствие ингибитора в коррозионной среде влияет на факторы разрушения кузова, в связи с чем было исследовано влияние бората хрома на коррозионную усталость стали 08кп в 3 %-м растворе NaCl (рис. 2).

Из рисунка 2 видно, что общее снижение циклической прочности стали 08кп в коррозионной среде на базе $N = 2 \cdot 10^6$ циклов составило 108 МПа (кривые 1 и 2), в котором доля чисто коррозионных поражений – 62 МПа (57,4 %), а коррозионно-механических – 46 МПа (42,6 %) (кривые 1, 2 и 4).

Борат хрома, уменьшая коррозионные поражения на 24 МПа и коррозионно-механические на 20 МПа, увеличивает циклическую прочность стали 08кп (кривые 2 и 3).

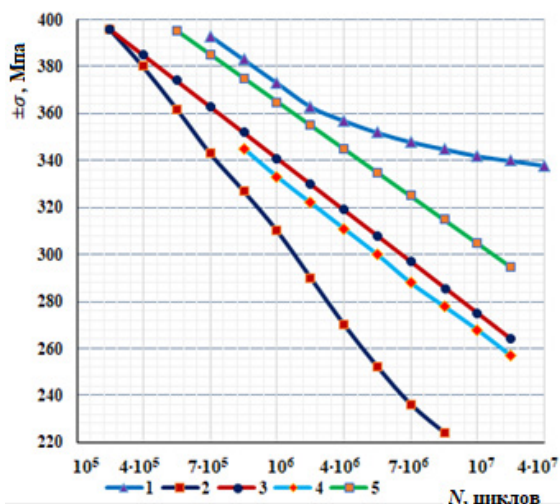


Рис 2- Кривые усталости и коррозионной усталости стали 08кп: 1- в воздухе; 2 – в 3%-м

растворе NaCl; 3- в 3%-м растворе NaCl+1 г/л бората хрома; 4- в воздухе после предварительной выдержки в 3%-м растворе NaCl; 5- в воздухе после предварительной выдержки в 3%-м растворе NaCl +1 г/л бората хрома

Fig. 2- Fatigue and corrosion fatigue curves of 08kp steel: 1- in air; 2 – in 3% NaCl solution; 3- in 3% NaCl solution +1 g/l chromium borate; 4- in air after preliminary exposure in 3% NaCl solution; 5- in air after preliminary exposure in a 3% solution of NaCl + 1 g/l of chromium borate

Коррозионно-усталостные исследования подтвердили результаты гравитационных и электрохимических исследований.

Заключение

Разработан и испытан эффективный малотоксичный ингибитор коррозии – борат хрома, результаты гравиметрических, электрохимических и коррозионно-усталостных исследований которого коррелируют друг с другом и подтверждают, что добавка бората хрома концентрацией 1 % в состав грунтовок, используемых для окраски кузовов автомобилей, способствует повышению циклической прочности, степени защиты их от коррозии, следовательно, надежности и срока службы, при этом борат хрома является менее токсичным соединением в сравнении с другими ингибиторами, используемыми в настоящее время в составе грунтовок.

Список источников

1. Фадеев, И.В. Влияние моноборатов лития, натрия, калия на моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Приволжский научный журнал. – 2015. – № 2 (34). – С. 86–90.
2. Бышов, Н.В. Влияние величины зазора на скорость щелевой коррозии автотракторной техники / Н. В. Бышов, И. А. Успенский, А.А. Цымбал [и др.] // Известия АУК. – 2020. – №2 (54). – С. 236-245.
3. Alekseev V.V., Philippov V.P., Fadeev I.V., Chuchkalov S.I. Automation of determining the contact angle of washing liquids wetting // Сборнике: Journal of Physics: Conference Series. International Conference "Information Technologies in Business and Industry". – 2019. – S. 042001.
4. Бышов, Н.В. Разработка нового средства для защиты сельскохозяйственных машин при хранении / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.В. Фадеев // Техника и оборудование для села. – 2019. – №6 (264). – С. 38-42.
5. Козлов В.Г. Методы борьбы с коррозией металлов / В.Г. Козлов, И.В. Титова, А.Н. Коноплин, Н.Н. Булыгин // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 6. – С. 53-57.
6. Бышов, Н.В. Исследование способов улучшения моющих и противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, И. А. Юхин, И.В. Фадеев, Г.А. Александрова // Техника и оборудование для села. – 2020. – №5 (275). – С. 42-44.
7. Фадеев, И.В. Повышение защитных свойств лакокрасочных материалов оптимизацией системы покрытий / И.В. Фадеев, И.А. Успенский, Е.И. Степанова, Н.И. Хайлов // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 9 (303). – С. 34-39.



8. Matsuda T., Kashi K.B., Jensen M., Gelling V.J. Investigation of under film corrosion using pH sensitive microcapsules // *EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications*. 2014.

9. Pavlov A.A. Development of new corrosion-resistant bimetallics with increased corrosion resistance prepared by electroslag surfacing technology. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2017. pp. 551-556.

10. Фадеев, И.В. Исследование влияния компонентов загрязнения атмосферы животноводческих помещений на влагопоглощение противокоррозионной пленки / И.В. Фадеев, И.А. Успенский, И.А.Юхин, Е.И. Степанова, С.Н. Кулик, И.А. Мурог // *Техника и оборудование для села*. – 2022. – № 10 (304). – С. 26-30.

11. Uspensky I. A., Fadeev I. V., Pestryaeva L. Sh., Sadetdinov Sh. V. Enhancing the antimicrobial properties of borates in coolant fluids // *Всборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019*. – 2019. –S. 012143.

12. Кузнецов Ю.И. Физико-химические аспекты защиты металлов органическими ингибиторами коррозии / Ю.И. Кузнецов // *Коррозия: материалы, защита*. – 2013. – № 4. – С. 26-36.

13. Фадеев, И.В. Новые боратсодержащие присадки к моющим средствам для узлов и агрегатов транспортных средств / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // *Автотранспортное предприятие*. – 2015. – № 2. – С. 46–50.

14. Садетдинов, Ш. В. Повышение коррозионной стойкости углеродистой стали с помощью дипинаконборатных соединений / Ш. В. Садетдинов, Л. Ш. Пестряева, И. В. Фадеев, Д. А. Пестряев // *Черные*

металлы. – 2020. – № 11(1067). – С. 40-45.

15. Успенский, И.А. Новые ингибиторы коррозии для защиты сельскохозяйственной техники / И.А. Успенский, И.В. Фадеев, Л.Ш. Пестряева, Ш.В. Садетдинов, А.С. Казарин // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2020. – № 3 (59). – С. 365 – 376.

16. Шемякин, А.В. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами // А.В. Шемякин, М.Б. Латышёнок, В.В. Терентьев, К.В. Гайдуков, И.В. Зарубин, А.В. Подъяблонский, С.А. Кожин, А.В. Кирилин // *Известия Юго-Западного государственного университета*. – 2016. – № 2 (65). – С. 87-91.

17. Фадеев, И.В. Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей в присутствии некоторых боратов / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // *Грузовик*. – 2016. – № 6. – С. 17–20.

18. Шемякин, А.В. Новый экологически безопасный ингибитор коррозии и его свойства / А.В.Шемякин, И.В.Фадеев, И.А.Успенский, Г.К.Рембалович, Ш.В.Садетдинов, Е.И.Степанова // *Техника и оборудование для села*. – 2023. – № 4 (310). – С. 35-37.

19. Фадеев, И.В. Глицероборатомоющее пассивирующее средство для ремонтного производства автотракторной техники / И.В.Фадеев, И.А.Успенский, Л.Ш.Пестряева, Ш.В.Садетдинов // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2021. – № 2 (62). – С. 431-441.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1.Fadeev, I.V. Vliyaniye monoboratorov litiya, natriya, kaliya na moyushchie i protivokorroziionnye svoystva sinteticheskikh moyushchih sredstv / I.V. Fadeev, SH.V. Sadetdinov // *Privolzhskij nauchnyj zhurnal*. – 2015. – № 2 (34). – S. 86–90.

2.Byshov, N.V. Vliyaniye velichiny zazora na skorost' shchelevoj korrozii avtotraktornoj tekhniki / N. V. Byshov, I. A. Uspenskij, A.A. Symbal [i dr.] // *Izvestiya AUK*. – 2020. – №2 (54). – S. 236-245.

3.Alekseev V.V., Philippov V.P., Fadeev I.V., Chuchkalov S.I. Automation of determining the contact angle of washing liquids wetting // *Vsbornike: Journal of Physics: Conference Series. InternationalConference "Information Technologies in Business and Industry"*. – 2019. – S. 042001.

4.Byshov, N.V. Razrabotka novogo sredstva dlya zashchity sel'skohozyajst-vennyh mashin pri hranenii / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspenskij, I.V. Fadeev // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2019. – №6 (264). – S. 38-42.

5.Kozlov V.G. Metody bor'by s korroziej metallov / V.G. Kozlov, I.V. Titova, A.N. Konoplin, N.N. Bulygin // *Fundamental'nye issledovaniya*. – 2017. – № 6. – S. 53-57.

6.Byshov, N.V. Issledovanie sposobov uluchsheniya moyushchih i protivokorroziionnyh svoystv rastvorov sinteticheskikh moyushchih sredstv / N.V. Byshov, I.A. Uspenskij, I. A. YUhin, I.V. Fadeev, G.A. Aleksandrova // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2020. – №5 (275). – S. 42-44.

7.Fadeev, I.V. Povysheniye zashchitnyh svoystv lakokrasochnykh materialov optimizaciej sistemy pokrytij / I.V.Fadeev, I.A.Uspenskij, E.I.Stepanova, N.I.Hajlov // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2022. – №9 (303). – S. 34-39.

8.Matsuda T., Kashi K.B., Jensen M., Gelling V.J. Investigation of under film corrosion using pH sensitive microcapsules // *EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications*. 2014.

9.Pavlov A.A. Development of new corrosion-resistant bimetallics with increased corrosion resistance prepared by electroslag surfacing technology. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2017. pp. 551-556.

10.Fadeev, I.V. Issledovanie vliyaniya komponentov zagryazneniya atmosfery zhitovnodcheskih



pomeshchenij na vlagopogloshchenie protivokorroziionnoj plenki / I.V. Fadeev, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin, E.I. Stepanova, S.N. Kulik, I.A. Murog // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2022. – № 10 (304). – S. 26-30.

11. Uspenskiy I. A., Fadeev I. V., Pestryaeva L. Sh., Sadetdinov Sh. V. Enhancing the antimicrobial properties of borates in coolant fluids // Vsbornike: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. – 2019. – S. 012143.

12. Kuznecov YU.I. Fiziko–himicheskie aspekty zashchity metallov organicheskimi ingibitorami korrozii / YU.I. Kuznecov // Korroziya: materialy, zashchita. – 2013. – № 4. – S. 26-36.

13. Fadeev, I.V. Novye boratsoderzhashchie prisadki k moyushchim sredstvam dlya uzlov i agregatov transportnyh sredstv / I.V. Fadeev, A.N. Remencov, SH.V. Sadetdinov // Avtotransportnoe predpriyatie. – 2015. – № 2. – S. 46–50.

14. Sadetdinov, SH. V. Povyshenie korrozionnoj stojkosti uglerodistoj stali s pomoshch'yu dipinakonboratnyh soedinenij / SH. V. Sadetdinov, L. SH. Pestryaeva, I. V. Fadeev, D. A. Pestryaev // CHernye metally. – 2020. – № 11(1067). – S. 40-45.

15. Uspenskij, I.A. Novye inhibitory korrozii dlya zashchity sel'skohozyajstvennoj tekhniki / I.A. Uspenskij, I.V. Fadeev, L.SH. Pestryaeva, SH.V. Sadetdinov, A.S. Kazarin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2020. – № 3 (59). – S. 365 – 376.

16. SHemyakin, A.V. Povyshenie effektivnosti protivokorroziionnoj zashchity stykovykh i svarnykh soedinenij sel'skohozyajstvennykh mashin konservacionnymi materialami // A.V. SHemyakin, M.B. Latyshyonok, V.V. Terent'ev, K.V. Gajdukov, I.V. Zarubin, A.V. Pod"yablonskiy, S.A. Kozhin, A.V. Kirilin // Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – № 2 (65). – S. 87-91.

17. Fadeev, I.V. Moyushchie i protivokorroziionnye svoystva sinteticheskikh moyushchih sredstv dlya uzlov i detalej v prisutstvii nekotorykh boratov / I.V. Fadeev, A.N. Remencov, SH.V. Sadetdinov // Gruzovik. – 2016. – № 6. – S. 17–20.

18. SHemyakin, A.V. Novyj ekologicheski bezopasnyj ingibitor korrozii i ego svoystva / A.V. SHemyakin, I.V. Fadeev, I.A. Uspenskij, G.K. Rembalovich, SH.V. Sadetdinov, E.I. Stepanova // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2023. – № 4 (310). – S. 35-37.

19. Fadeev, I.V. Gliceroboratoemoyushche-passiviruyushchee sredstvo dlya remontnogo proizvodstva avtotraktornoj tekhniki / I.V. Fadeev, I.A. Uspenskij, L.SH. Pestryaeva, SH.V. Sadetdinov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2021. – № 2 (62). – S. 431-441.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Шемякин Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, avtodor-dec@mail.ru

Фадеев Иван Васильевич, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой машиноведения, ivan-fadeev-2012@mail.ru

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, ivan.uspensckij@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, ivan.uspensckij@yandex.ru

Садетдинов Шейиздан Вазыхович, д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры материаловедения и металлургических процессов, Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, avgustaf@list.ru

Author Information

Shemyakin Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, avtodor-dec@mail.ru

Fadeev Ivan V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering, ivan-fadeev-2012@mail.ru

Uspenskiy Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of technical operation of transport, ivan.uspensckij@yandex.ru

Yukhin Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive and Tractor Engineering and Thermal Power Engineering, ivan.uspensckij@yandex.ru

Sadetdinov Sheyizdan V., Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of the Department of Materials Science and Metallurgical Processes, avgustaf@list.ru

Статья поступила в редакцию 15.04.2023; одобрена после рецензирования 10.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 15.04.2023; approved after reviewing 10.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.