

ISSN 2077-2084

Том 14, №4, '2022

12+

10.36508/RSATU.2022.33.48.001

ВЕСТНИК

РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ
П.А. КОСТЫЧЕВА



АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



**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 14, № 4, 2022

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**
Л. Н. Лазуткина,
д-р пед. наук, доцент

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

Члены редакционной коллегии:

Л. А. Антипкина, канд. с.-х. наук, доцент, 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, доцент,
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,
К. С. Степанович, 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,
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

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. Ремболович, 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. Удавлив, д-р биол. наук
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,
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,

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 № 1527
Дата выхода в свет 30.12. 2022

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 14 # 4, 2022

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

L. N. Lazutkina,

Doctor of Pedagogical Science,
Associate Professor

Technical editor

I. V. Chivileva

Candidate of Psychological Sciences

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, Associate 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

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

O. V. Lukyanova, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor

Y. A. Mazhaysky, Doctor of Agricultural Science, Full Professor

V. P. Maksimenko, Doctor of Agricultural Sciences, 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

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. Shevkhuzhev, 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., RM. 103.,
tel: 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Circulation 700. Order No. 1527 Date of publication
Date of publication. 30.12.2022

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

БАБКИНА Т. Н., ЛЕНКОВА Н. В. Эффективность применения амилосубтилина и настойки белой чемерицы при дистониях преджелудков у коров	5
ЗАХАРОВА О. А., ЕВДОКИМОВА О. В., КОТЕЛЕВЕЦ Е. П., САДОВАЯ И. И., ЛОМОВА Ю. В., Микробиологический анализ сырого кобыльего молока	12
КАШИРИНА Л. Г., ПАВЛОВА Л. А. Использование грубого корма, обработанного давлением, на заключительном этапе откорма бычков	20
ЛЕОНОВА М. В., МОРОЗОВА Н. И. Сравнительная характеристика молочной продуктивности и качества молока по разным доильным залам	27
ПАВЛОВ А. А., МАЖАЙСКИЙ Ю. А. Определение фоновых концентраций почвенных элементов в серой лесной почве Рязанской области	33
САВЕЛЬЕВ А. П., ГЛОТОВ С. В., НИКИФОРОВА И. А., ЕНАЛЕЕВА С. А. Углеродный след сельскохозяйственного сектора экономики Республики Мордовия	41
САВИНА О. В., ПЛАТОНОВА О. В. Влияние биологических мелиорантов на урожайность картофеля и структуру урожая	47
СЕМЕНОВ В. Г., СИМУРЗИНА Е. П., КАРАУЛОВ Р. С., БИРЮКОВА Д. Э. Качественные показатели молока коров на фоне иммунокоррекции	55
СЕРДЮЧЕНКО И. В., ХОРОШАЙЛО Т. А., КОЗУБОВ А. С. Влияние разных способов синхронизации половой охоты коров на их воспроизводительные качества	65
ФЕДОСОВА О. А., КУЛАКОВ В. В., КАРЕЛИНА О. А., УЛИВАНОВА Г. В. Уровень основных морфологических и биохимических показателей крови коров в зависимости от продуктивности, количества и стадии лактации	73
ФЕДОТОВА А. С. Изменение показателей периферической крови овец при действии малых доз ионизирующего излучения	83
ЧИРГИН Е. Д., СЕМЕНОВ В. Г., МУДАРИСОВ Р. М. Влияние типа высшей нервной деятельности на молочную продуктивность лошадей	90
ШЕВХУЖЕВ А. Ф., КРИВОРУЧКО А. Ю., СКОРЫХ Л. Н., САФОНОВА Н. С. Генетические маркеры качества мяса у крупного рогатого скота (обзорная статья)	97

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

АБРАМОВ Ю. Н., КОСТЕНКО М. Ю., УГЛАНОВ М. Б., ЮДАЕВ Ю. А., Математическое моделирование работы подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна	106
ВЕНДИН С. В., САЕНКО Ю. В., БАЙРАМОВ Р. З. Результаты экспериментальных исследований сушки пророщенного зерна	114
ВЕНДИН С. В., САЕНКО Ю. В., УЛЬЯНЦЕВ Ю. Н., БАЙРАМОВ Р. З. Результаты экспериментальных исследований по определению коэффициентов теплового излучения пророщенного зерна для ик-нагрева	123
ЗАБАРА К. А., ШЕЛЯКИН А. В., ТЕРЕНТЬЕВ В. В., КИСЕЛЕВ В. А. Повышение сохранности сельскохозяйственной техники при хранении	133
КЛОЧКОВ А. Я., ЛЕВИНА Т. А., МАРТИШКИН В. В., ГЛУХИХ Я. М. Дифференциальный метод как один из инструментов функционального анализа сельскохозяйственных технических систем	145
КОЛОШЕИН Д. В., МАСЛОВА Л. А. Теоретические исследования определения параметров ударного взаимодействия клубня с ремнем гасителем при загрузке в контейнер	154
СИМДЯНКИН А. А. Концепция выбора дрона для использования в туризме, включая rural tourism MC	161
СИМОНОВА Н. В., БОРЫЧЕВ С. Н. Полевые исследования усовершенствованного копателя КТН-2В	170
УСПЕНСКИЙ И. А., ЮХИН И. А., ГАДЖИЕВ П. И., РАМАЗАНОВА Г. Г. Экономическая эффективность комбайновой уборки картофеля с применением интенсификатора сепарирующего элеватора	177
ЦЫМБАЛ А. А., ЧУХЛЯЕВ И. И., ЛИМАРЕНКО Н. В., УСПЕНСКИЙ И. А., МУРОГ И. А. Технические и технологические решения круглогодичного выращивания садовой земляники	185
ЮМАЕВ Д. М., РЕМБАЛОВИЧ Г. К., КОСТЕНКО М. Ю., КОСТЕНКО Н. А., МУРОГ И. А. Экспериментальное обоснование параметров форсунки-распылителя для агропромышленного комплекса	193



Content

AGRICULTURAL SCIENCES

BABKINA T. N., LENKOVA N. V. The effectiveness of the use of amylosubtilin and tincture of white hellebore in pre-ventricular dystonia in cows	5
ZAKHAROVA O. A., EVDOKIMOVA O. B., KOTELEVETS E. P., SADOVAYA I. I., LOMOVA Yu. V. Microbiological analysis of raw mare's milk	12
KASHIRINA L. G., PAVLOVA L. A. The use of pressure processed roughage at the final stage of bulls fattening.	20
LEONOVA M. V., MOROZOV N. I. Comparative characteristics of milk productivity and milk quality in different milking parlors	27
PAVLOV A. A., MAZHAYSKY Yu. A. Determination of background concentrations of soil elements in gray forest soil of the Ryazan region	33
SAVELYEV A. P., GLOTOV S. M., NIKIFOROVA I. A., ENALEEVA S. A. Agricultural sector carbon footprint economy of the Republic of Mordovia	41
SAVINA O. V., PLATONOVA O. V. The effect of biological ameliorants on potato yield and crop structure	47
SEменов V. G., SIMURZINA E. P., KARAULOV R. S., BIRYUKOVA D. E. Qualitative indicators of coloster of cows after immunocorrection	55
SERDYUCHENKO I. V., KHOROSHAILO T. A., KOZUBOV A. S. The influence of different ways of synchronization of estrus in cows on their reproductive qualities	65
FEDOSOVA O. A., KULAKOV V. V., KARELINA O. A., ULIVANOVA G. V. The level of basic morphological and biochemical values of cows' blood depending on productivity, quantity and stage of lactation	73
FEDOTOVA A. S. Change in indicators of sheep peripheral blood under the impact of low doses of ionising radiation	83
CHIRGIN E. D., SEMENOV V. G., MUDARISOV R. M. The influence of the type of higher nervous activity on the dairy productivity of horses	90
SHEVKHYZHEV A. F., KRIVORUCHKO A. Y., SKORYKH L. N., SAFONOVA N. S. Genetic markers of meat quality in cattle	97

TECHNICAL SCIENCES

ABRAMOV Y. N., KOSTENKO M. Y., UGLANOV M. B., YUDAEV Y. A. Mathematical modeling of a spring tusk operation in a potato harvester	106
VENDIN S. V., SAENKO Y. V., BAYRAMOV R. Z. Results of experimental studies of the sprouted Grain Dryer	114
VENDIN S. V., SAENKO Y. V., ULIYANTSEV Y. N., BAYRAMOV R. Z. Results of experimental investigations on the determination of the thermal emission coefficients of grouped grain for ir heating	123
ZABARA K. A., SHEMYAKIN A. V., TERENTYEV V. V., KISELEV V. A. Increasing protection of agricultural machinery during storage	133
KLOCHKOV A. Y., LEVINA T. A., MARTISHKIN V. V., GLUKHIKH Y. M. Differential method as one of the tools for functional analysis of agricultural technical systems	145
KOLOSHIIN D. V., MASLOVA L. A. Theoretical investigations of determining the parameters of impact interaction of a tube with a belt damper, when loading into a container	154
SIMDIANKIN A. A. The concept of choosing a drone for use in tourism (including rural tourism).	161
SIMONOVA N. V., BORYCHEV S. N. Field tests of the improved KTN-2V digger	170
USPENSKY I. A., YUKHIN I. A., GADZHIEV P. I., RAMAZANOVA G. G. Economic efficiency of potatoes combine harvesting using the intensifier of the separating elevator	177
TSYMBAL A. A., CHUKHLYAEV I. I., LIMARENKO N. V., USPENSKY I. A., MUROG I. A. Technical and technological solutions for year-round cultivation of garden strawberries	185
YUMAEV D. M., REMBALOVICH G. K., KOSTENKO M. Y., KOSTENKO N. A., MUROG I. A. Experimental substantiation of the paramatars of the spray nozzle for the agro-industrial complex	193



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ



Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №4, с.5-11
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp. 5-11

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.4:612.8
DOI: 10.36508/RSATU.2022.18.55.002

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АМИЛОСУБТИЛИНА И НАСТОЙКИ БЕЛОЙ ЧЕМЕРИЦЫ ПРИ ДИСТОНИЯХ ПРЕДЖЕЛУДКОВ У КОРОВ

Татьяна Николаевна Бабкина¹, Наталья Владимировна Ленкова²✉

^{1,2} ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет, пос. Персиановский, Россия

¹ babkina.55@list.ru

² nata.lenkova.80@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Осуществить диагностику и сравнительную терапию при дистонии преджелудков у коров.

Методология. Объект исследования коровы голштино-фризской породы. Гипотонию и атонию преджелудков диагностировали клиническим обследованием животных по общепринятой схеме, при гематологическом исследовании определяли количество эритроцитов и лейкоцитов, уровень гемоглобина; в рубцовом содержимом - pH индикаторной бумагой, количество и качество инфузорий и активность ферментов. Для лечения дистонии преджелудков применяли руминовое: настойку белой чемерицы и фермент (амилосубтилин).

Результаты. Распространенность гипотонии преджелудков в условиях хозяйства составила 48 %. Клинико-гематологические показатели находились в пределах физиологических колебаний. Основные изменения наблюдали в рубцовом содержимом: pH, ферментативная активность, количество и видовой состав инфузорий. При исследовании содержимого рубца отметили, что у больных коров pH составляла от 5,5 до 6,0 при выздоровлении от 6,0 до 7,0. Активность ферментов у выздоровевших коров до 3,0-3,8 мин. против исходных данных 28 и 31 мин. Число инфузорий при выздоровлении увеличилось до 780 тыс./мл и 680 тыс./мл (род *Entodinium*, *Diplodinium*, *Epidinium* *Ophryoscolex*) в I и II подопытных группах против исходных 130 тыс./мл и 150 тыс./мл (род *Entodinium* и *Epidinium*) соответственно.

Заключение. В хозяйстве дистонии преджелудков у коров представлены в виде гипотонии и атонии преджелудков, что составляет 48 %. Комплексное лечение (внутри настойка чемерицы и амилаосубтилин) показало 100 % терапевтическую эффективность при длительности лечения два дня. Экономический эффект на 1 рубль затрат при этой схеме терапии (I группа) составил 2,90/1,00 руб./руб.

Ключевые слова: гипотония, атония преджелудков, крупный рогатый скот, дистонии преджелудков, настойка чемерицы, амилаосубтилин.

Для цитирования: Т.Н. Бабкина, Н.В. Ленкова. Эффективность применения амилаосубтилина и настойки белой чемерицы при дистониях преджелудков у коров// Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С 5-11 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.18.55.002>

**THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF AMYLOSUBTILIN AND TINCTURE OF WHITE HELLEBORE IN PRE-VENTRICULAR DYSTONIA IN COWS****Tatyana N. Babkina¹, Natalya V. Lenkova²**✉^{1,2} Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia¹ babkina.55@list.ru² nata.lenkova.80@mail.ru**Abstract.****Problem and purpose.** To carry out diagnostics and comparative therapy for pre-ventricular dystonia in cows.**Methodology.** The object of the study is Holstein-Frisian cows. Hypotension and atony of the pre-ventricles were diagnosed by clinical examination of animals according to the generally accepted scheme, during hematological examination, the number of erythrocytes and leukocytes, the level of hemoglobin were determined; in the scar content - pH indicator paper, the quantity and quality of infusoria and enzyme activity. For the treatment of pre-ventricular dystonia, ruminatory drugs were used: tincture of white hellebore and enzymes (amylosubtilin).**Results.** The prevalence of pre-ventricular hypotension in farm conditions was 48%. Clinical and hematological parameters were within the limits of physiological fluctuations. The main changes were observed in the scar content: pH, enzymatic activity, number and species composition of infusoria. When examining the contents of the scar, it was noted that in sick cows the pH was from 5.5 to 6.0 with recovery from 6.0 to 7.0. The activity of enzymes in recovered cows is up to 3.0-3.8 min. against the initial data of 28 and 31 min. The number of infusoria during recovery increased to 780 thousand/ml and 680 thousand/ml in the I and II experimental groups against the initial 130 thousand/ml and 150 thousand/ml, respectively. In sick cows, in the contents of the scar in the field of view under the microscope, the infusoria consist mainly of their small infusoria - the genus *Entodinium*, smaller than the average - the genus *Epidinium*. Among the recovered in all groups, the types of infusoria are represented by both small, medium and large - the genera *Entodinium*, *Diplodinium*, *Epidinium* and *Orthorex*.**Conclusion.** The use of complex methods of treatment of cows with pre-ventricular dystonia gives a positive result. The therapeutic effect in 2 groups was 100 %. The course of treatment in both groups is two days. The economic effect in the second group I is 2.90/1.00 rubles/rub, in the second group 2.61/1.00 rubles/rub. The most effective way to treat cows with hypotension and atony of the pancreas, consisting of the use of tincture of hellebore and amylosubtilin inside.**Key words:** hypotension, atony of the pre-ventricles, cattle, dystonia of the pre-ventricles, tincture of hellebore, amylosubtilin.**For citation:** Babkina T.N., Lenkova N.V. The effectiveness of the use of amylosubtilin and tincture of white hellebore in pre-ventricular dystonia in cows. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. T14, №4. С 5-11. (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.18.55.002>**Введение**

Среди заболеваний пищеварительной системы у жвачных животных наиболее распространенными являются патологии преджелудков, в частности рубца, где на первое место выступают дистонии преджелудков, а именно гипотония и атония, тимпания рубца, ацидоз, алкалоз рубца и др.[1,2]

Анатомически сложилось так, что преджелудки у крупного рогатого скота тесно связаны между собой, что сопровождается функциональным расстройством не только, например, рубца при гипотонии, но и сетки, книжки. В связи с этим диагноз ставят комплексный, и звучит он как гипотония преджелудков.[3,4]

У жвачных от деятельности преджелудков в прямой зависимости находятся состояние обмена веществ в организме, продуктивность и здоровье. Огромное значение имеет симбиотная микрофлора преджелудков (бактерии, грибы, инфузории) для процессов пищеварения. Под воздействием этиологических факторов, таких как резкий переход с одного корма на другой, пре-

обладание в рационе гуманных кормов, явления ацидоза и алкалоза рубца, смещения сычуга, маститы, эндометриты и других патологий, происходит залеживание кормовых масс в результате замедления или прекращения перемешивания и продвижения кормов в преджелудках. Последнее способствует гнилостному разложению, выделению аммиака, что приводит к снижению кислотности, то есть pH сдвигается в щелочную сторону. Нарушается жизнедеятельность микрофлоры. В кровь поступает аммиак и токсины влекущие токсемию. Гипотония и атония преджелудков вначале проявляется общей симптоматикой (уменьшение аппетита, вялая жвачка, отрыжка газами), по мере развития патологического процесса появляются вздутие рубца в области левой голодной ямки, гипотония или атония рубца, перистальтика слабая, запор, снижение удоя. В рубце содержание инфузоров 150 -200 тыс. в 1 мл и ниже. [5,6,7]

Вопрос лечения и профилактики дистонии преджелудков остается актуальным и сегодня. Учитывая этиологические факторы и патоморфо-



логические изменения при дистонии преджелудков лечение должно быть комплексное и направлено на нормализацию рациона, улучшения технологии содержания, восстановление моторики преджелудков и микрофлоры рубцового содержимого. Введение в схему лечения ферментных препаратов, симбиотиков позволяет улучшить усвояемость кормов, стимулировать неспецифический иммунитет, устранить дисбактериоз, изменить pH рубцового содержимого, в том числе явление ацидоза. [8-13]

Цель работы: осуществить диагностику и сравнительную терапию при дистонии преджелудков у коров.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены в ОО «Лада» Волгоградского района Ростовской области и на кафедре терапии и пропедевтики ФГБОУ ВО Донского ГАУ.

С целью выяснения распространенности гипотонии и атонии преджелудков было подвергнуто клиническому обследованию 100 коров.

При установлении причин патологии изучали условия содержания коров, сбалансированность рациона, проводили лабораторные исследования биологических жидкостей организма (крови и рубцового содержимого), исключали паразитарные и инфекционные болезни.

Детализированный расчет рациона кормления коров произведен согласно справочному пособию «Кормление сельскохозяйственных животных» под редакцией А. М. Бенедиктова, 1988 г.

Дистонию преджелудков диагностировали с помощью клинических (по общепринятой схеме) и лабораторных методов (в крови определяли по общепринятым методикам количество эритроцитов и лейкоцитов в камере с сеткой Горяева, содержание гемоглобина с помощью гемометра ГС-3 по Сали, в содержимом рубца – pH индикаторной бумагой, количественный и качественный состав инфузорий по Курилову и Севостьяновой, активность ферментов по Смирнову).

В период диагностики были отобраны 2 группы коров голштино-фризской породы: опыт (больные; n=20) и контроль (здоровые n=10).

Коровы из опытной группы были разделены на две: I и II опытные (по 10 гол. в каждой) с целью проведения сравнительной терапии.

Больным коровам устраняли этиологические факторы, проводили 2-4-часовой моцион, поение чистой водой, балансировали по сахару, переваримому протеину, Са, Р, каротину, макро- и микроэлементам рациона.

Схема терапии I группы: настойка белой чемерицы внутрь в дозе 15 мл, 1 раз в день 2 дня; Амилопосубтилин Гзх как ферментное средство в дозировке 8 г/100 кг массы растворяли в 2-3 л питьевой воды и вводили с помощью дренчера в течение 3-5 дней в зависимости от состояния коровы.

Дренчевание – принудительное поение коров (телят) при помощи дренчера. Для введения амилопосубтилина использовали дренчер для выпойки коров «Хонда»: производительность 45 л/мин., объем емкости до 30 л. Предназначен для подачи жидкости в рубец с целью профилактики кетозов,

дистоний преджелудков, смещения сычуга, обезвоживания и др.

Схема терапии II группы: настойка белой чемерицы внутрь в дозе 15 мл, 1 раз в день 2 дня, содержимое рубца от здоровой коровы в дозе 500 мл, вводили внутрь с помощью резиновой бутылки.

Состояние коров в период терапии ежедневно оценивали с помощью клинического обследования. Гематологическое исследование и исследование рубцового содержимого по выше приведенным методикам проводили до и после лечения опытных групп. Кровь для гематологического исследования брали утром до кормления из яремной вены.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Microsoft Excel, 2010 на персональном компьютере.

Экономическую эффективность ветеринарных мероприятий определяли по утвержденной методике.

Результаты исследования

Первые случаи гипотонии и атонии преджелудков были отмечены при перемене режима содержания коров, а именно при переходе на зимние содержание. В этот период произошел момент резкого перевода с одного типа кормления на другой, а именно перевод на сухие и объемистые корма. Рацион коров в стойловый период состоял из сена разнотравно-злакового, силоса, дерти кукурузной, патоки, свеклы кормовой, сенажа, свекловичного жома, жмыха соевого и премикса КК-60-3).

Анализируя данные питательности рациона коров, можно сделать вывод, что по общей питательности рацион правильно сбалансирован и соответствует потребности животных. Соотношение кальция к фосфору составляет 2:1, сахаро-протеиновое 0,8.

Одним из факторов возникновения дистоний преджелудков является отсутствие моциона. На выгульный двор коров выпускают только в хорошую сухую погоду, что способствует гиподинамии и следовательно возникновению дистоний, а именно развитию гипотонии и атонии преджелудков у крупного рогатого скота в данном хозяйстве.

Появление гипотонии и атонии преджелудков у коров объясняется нарушением правил кормления и дополняется нарушением технологии содержания.

Распространенность гипотонии преджелудков в условиях хозяйства составила 48 %. При этом из числа обследованных коров 22 имели 1 сокращение рубца в 2 минуты, 21–2 слабых сокращений в 2 минуты и 5 коров 1-2 сокращения в 5 минут. Кроме урежения и ослабления сокращений рубца наблюдали укорочение жвачки, отрыжки, отказ от корма, угнетение, залеживание, выпачивание левой голодной ямки после кормления, животные неохотно поднимаются.

Общая температура тела, как до лечения, так и после была в пределах от $38,1 \pm 0,2$ °C до $38,6 \pm 0,2$ °C. Частота пульса после лечения снизилась до $72,0 \pm 1,0$ уд./мин. в первой группе, до $74,0 \pm 1,2$ во второй против исходных данных соответственно по группам: $81,1 \pm 2,4$; $80,5 \pm 1,7$ ударов в минуту ($P < 0,05$) (табл. 1).



Таблица 1 – Клинико-гематологические показатели у коров, больных дистонией преджелудков

Группа	До лечения		После лечения	
	I	II	I	II
Температура тела, °С	38,1±0,2	38,5±0,1	38,6±0,1	38,3±0,2
Пульс, уд./мин	81,1±2,4	80,5±1,7	72,0±1,0*	74,0±1,2*
Дыхательные движ./мин.	30,3±1,6	30,3±1,2	23,0±0,7**	24,6±1,0**
Сокращения рубца, движ./2мин	1,2±0,2	1,4±0,2	3,8±0,2***	3,7±0,2***
Гемоглобин, г/л	100,0±5,0	102,0±6,8	107,0±6,3	103,0±4,4
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	6,4±0,5	6,2±0,6	6,3±0,7	6,8±0,5
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	8,4±0,6	9,1±0,5	7,9±0,4	8,4±0,7

Примечание: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$

Число дыханий у выздоровевших особей урижилось до 23,0±0,7 дых./дв. в первой группе, до 24,6±1,0 во второй группе против больных 30,3±1,6; 30,2±1,2 дыхательных движений в минуту ($P < 0,01$).

Сокращение рубца после лечения увеличилось до 3,6±0,2 в первой группе, до 3,7±0,2 во второй группе против исходных данных 1,2±0,2; 1,4±0,2 сокращений рубца в 2 минуты ($P < 0,001$).

Гематологические показатели, у больных и здоровых животных в результате опыта со-

ставили: уровень гемоглобина от 100,0±5,0 до 107,0±6,3 г/л, количество эритроцитов от 6,2±0,6 до 6,8±0,5 $\times 10^{12}/л$ и лейкоцитов от 7,9±0,4 до 9,1±0,5 $\times 10^9/л$.

После лечения на 5 день при исследовании содержимого рубца у больных коров рН была от 6,0 до 7,0 в сравнении с данным показателем, полученным до лечения от 5,5 до 6,0; активность ферментов у выздоровевших до 3,0-3,8 мин. против начальных показателей больных 28 и 31 мин. ($P < 0,001$).



Рис. 1 – Исследование рубцового содержимого у коров при дистонии преджелудков
(Fig.1– Examination of scar content in cows with pre-ventricular dystonia)

Число инфузорий у выздоровевших коров составило 780 тыс./мл и 680 тыс./мл в I и II опытных группах против больных животных до начала лечения 130 тыс./мл и 150 тыс./мл соответственно.

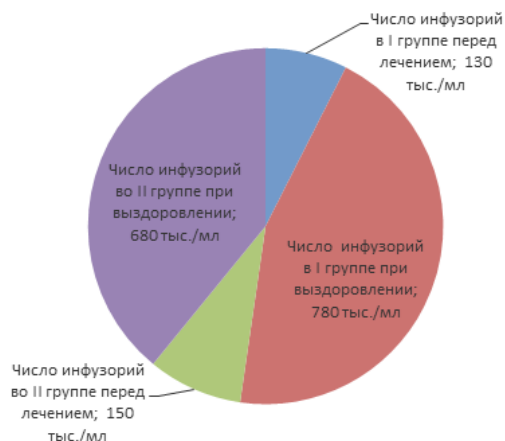


Рис. 2 – Число инфузорий в рубцовом содержимом коров при дистонии преджелудков, тыс. шт. в 1 мл
(Fig. 2 –The number of infusoria in the scar content of cows with pre-ventricular dystonia, thousand pcs. in 1 ml)



Видовой состав инфузорий у больных коров состоит из мелких (род *Entodinium*) и немногочисленных средних (род *Epidinium*). После лечебных мероприятий инфузории представлены мелкими (род *Entodinium*), средними (род *Diplodinium*, *Epidinium*), крупными (род *Ophryoscolex*).

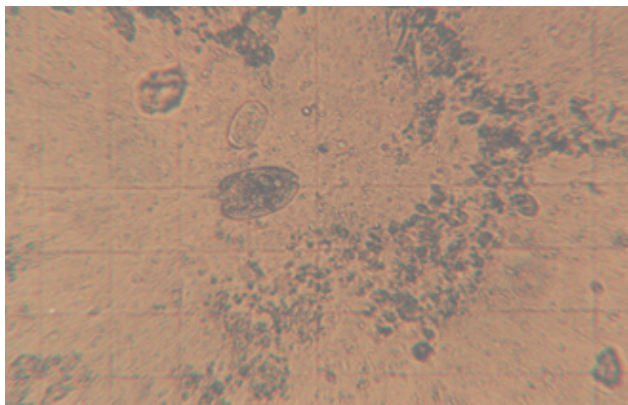


Рис. 3 – Инфузории рубцового содержимого коровы после лечения (здоровое животное).

Ув.: об. 8, ок. 10.

(Fig. 3 – infusoria of the scar content of the cow after treatment (healthy animal). Uv.: vol. 8, approx. 10)

Итак, проводимые и проверенные клинические и лабораторные показатели в результате у выздоровевших коров нормализовались. Длительность терапии в обеих группах 2 дня. Терапевтическая эффективность во всех группах 100 % и подтверждается положительным экономическим эффектом.

Заключение

1. В хозяйстве дистонии преджелудков у коров представлены в виде гипотонии и атонии преджелудков, что составляет 48 %. Причины заболевания коров дистониями преджелудков - нарушение правил кормления животных и технологии содержания, а именно резкий переход с одного типа кормления на другой и гиподинамия, выражающаяся в отсутствии моциона.

2. В рубцовом содержимом у коров, при дистониях преджелудков после проведенного лечения установлено: увеличение pH с 5 до 6,0-7,0; увеличение числа инфузорий в первой группе со 130 до 728 тыс./мл; во второй со 150 до 680 тыс./мл; ускорение активности ферментов в первой группе с 28 до 3,8 мин., во второй с 31 до 3,8 мин.

3. Комплексное лечение (внутрь настойка чемерицы и амилосубтилин) показало 100 % терапевтическую эффективность при длительности лечения два дня. Экономический эффект на 1 рубль затрат при этой схеме терапии (I группа) составил 2,90/1,00 руб./руб.

Список источников

1. Тумилович, Г. А. Жвачка как индикатор здоровья коровы / Г. А. Тумилович // Наше сельское хозяйство. – 2021. – № 8(256). – С. 34-39. – EDN CLSJLK.

2. Гадзаонов, Р. Х. Динамика распространения гипотонии и атонии преджелудков крупного рогатого скота в хозяйствах РСО-Алании / Р. Х. Гадзаонов, Д. Ю. Хекилаев // Известия Горского

государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 52. – № 4. – С. 185-188. – EDN UZBVCP.

3. Garrett R. Oetzel. Diagnosis and Management of Subacute Ruminant Acidosis in Dairy Herds. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. November 2017. Volume 33, Issue 3. Pages 463-480. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.06.004>

4. Бабкина, Т. Н. Дистония преджелудков у коров / Т. Н. Бабкина, Э. Д. Солохина // Приоритетные направления развития сельскохозяйственной науки и практики в АПК : Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции. В 3-х томах, пос. Персиановский, 24 декабря 2021 года. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный аграрный университет", 2021. – С. 11-15. – EDN NYETVO.

5. Бабкина, Т. Н. Санитарная оценка молока при лечении дистоний преджелудков коров настоек белой чемерицы / Т. Н. Бабкина, А. В. Абсаямова // Актуальные вопросы науки и практики в инновационном развитии АПК : материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции, пос. Персиановский, 25 декабря 2020 года. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный аграрный университет", 2020. – С. 121-124. – EDN LDYTJD.

6. Гнездилова, Л. А. Введение в схему лечения гипотонии рубца коров комплексного препарата Кайомецин-s / Л. А. Гнездилова, В. В. Дронов // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2022. – № 2(24). – С. 21-26. – EDN WRLDTQ

7. Хекилаев, Д. Ю. Эффективность применения пробиотиков при лечении гипотонии и атонии преджелудков крупного рогатого скота / Д. Ю. Хекилаев, Э. К. Хаткарова, Р. Х. Гадзаонов // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 53. – № 4. – С. 156-160. – EDN XDYYIR.

8. Разработка бактериальной закваски для концентрата кормового балансирующего "экобаланс" для регулирования микробиологических процессов в преджелудках коров и повышения молочной продуктивности / А. А. Соглаева, О. А. Титова, Н. К. Жабанос, Н. Н. Фурик // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2021. – № 15. – С. 69-78. – DOI 10.47612/2220-8755-2020-15-69-78. – EDN EMHJTM..

9. Использование новых биологически активных добавок в кормлении крупного рогатого скота / М. Ковалевский, И. И. Силкин, Д. В. Дашко, А. К. Гордеева // Вестник ИРГСАХ. – 2021. – № 102. – С. 123-133. – DOI 10.51215/1999-3765-2021-102-123-133. – EDN MHUNWU.

10. Использование адсорбирующих добавок в кормлении крупного рогатого скота / С. В. Чехранова, Н. А. Крикунов, Ш. Р. Рабаданов, М. П. Кантемирова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1. – С. 103-107. – EDN ZAIBIT.



11. Systematic review and meta-analysis of probiotic use on inflammatory biomarkers and disease prevention in cattle / Michelle O. Barreto, Martin Soust, John I. Alawneh // Preventive Veterinary Medicine. 14 July 2021. Volume 194 (Cover date: September 2021). Article 105433. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105433>

12. Dissect the mode of action of probiotics in affecting host-microbial interactions and immunity in food producing animals / Tao Ma, Yutaka

Suzuki, Le Luo Guan// Veterinary Immunology and Immunopathology. 22 October 2018. Volume 205 (Cover date: November 2018). Pages 35-48. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2018.10.004>

13. Rumen and fecal microbial profiles in cattle fed high lignin diets using metagenome analysis Anaerobe / Munni Khatoon, Shriram H. Patel, Anju P. Kunjadiya //30 December 2021. Volume 73 (Cover date: February 2022). Article 102508. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2021.102508>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Tumilovich, G. A. ZHvachka kak indikator zdorov'ya korovy / G. A. Tumilovich // Nashe sel'skoe hozyajstvo. – 2021. – № 8(256). – S. 34-39. – EDN CLSJLK. (In Russ.)

2. Gadzaonov, R. H. Dinamika rasprostraneniya gipotonii i atonii predzheludkov krupnogo rogatogo skota v hozyajstvakh RSO-Alanii / R. H. Gadzaonov, D. YU. Hekilaev // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – T. 52. – № 4. – S. 185-188. – EDN UZBVCP. (In Russ.)

3. Garrett R. Oetzel. Diagnosis and Management of Subacute Ruminant Acidosis in Dairy Herds. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. November 2017. Volume 33, Issue 3. Pages 463-480. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.06.004>

4. Babkina, T. N. Distoniya predzheludkov u korov / T. N. Babkina, E. D. Solohina // Prioritetnye napravleniya razvitiya sel'skohozyajstvennoj nauki i praktiki v APK : Materialy vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii. V 3-h tomah, pos. Persianovskij, 24 dekabrya 2021 goda. – pos. Persianovskij: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet", 2021. – S. 11-15. – EDN NYETVO. (In Russ.)

5. Babkina, T. N. Sanitarnaya ocenka moloka pri lechenii distonij predzheludkov korov nastojkoj beloju chemericy / T. N. Babkina, A. V. Absalyamova // Aktual'nye voprosy nauki i praktiki v innovacionnom razvitii APK : materialy vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii, pos. Persianovskij, 25 dekabrya 2020 goda. – pos. Persianovskij: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet", 2020. – S. 121-124. – EDN LDYTJD. (In Russ.)

6. Gnezdilova, L. A. Vvedenie v skhemu lecheniya gipotonii rubca korov kompleksnogo preparata Kajomecin-s / L. A. Gnezdilova, V. V. Dronov // Aktual'nye voprosy sel'skohozyajstvennoj biologii. – 2022. – № 2(24). – S. 21-26. – EDN WRLDTQ. (In Russ.)

7. Hekilaev, D. YU. Effektivnost' primeneniya probiotikov pri lechenii gipotonii i atonii predzheludkov krupnogo rogatogo skota / D. YU. Hekilaev, E. K. Hatkarova, R. H. Gadzaonov // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – T. 53. – № 4. – S. 156-160. – EDN XDYYIR. (In Russ.)

8. Razrabotka bakterial'noj zakvaski dlya koncentrata kormovogo balansiruyushchego "ekobalans" dlya regulirovaniya mikrobiologicheskix processov v predzheludkah korov i povysheniya molochnoj produktivnosti / A. A. Soglaeva, O. A. Titova, N. K. ZHabanos, N. N. Furik // Aktual'nye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syr'ya. – 2021. – № 15. – S. 69-78. – DOI 10.47612/2220-8755-2020-15-69-78. – EDN EMHJTM.. (In Russ.)

9. Ispol'zovanie novyx biologicheskix aktivnykh dobavok v kormlenii krupnogo rogatogo skota / M. Kovalevskij, I. I. Silkin, D. V. Dashko, A. K. Gordeeva // Vestnik IrGSKHA. – 2021. – № 102. – S. 123-133. – DOI 10.51215/1999-3765-2021-102-123-133. – EDN MHUNWU. (In Russ.)

10. Ispol'zovanie adsorbiruyushchix dobavok v kormlenii krupnogo rogatogo skota / S. V. ChEkhranova, N. A. Krikunov, SH. R. Rabadanov, M. P. Kantemirova // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 1. – S. 103-107. – EDN ZAIBIT. (In Russ.)

11. Systematic review and meta-analysis of probiotic use on inflammatory biomarkers and disease prevention in cattle / Michelle O. Barreto, Martin Soust, John I. Alawneh // Preventive Veterinary Medicine. 14 July 2021. Volume 194 (Cover date: September 2021). Article 105433. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105433>

12. Dissect the mode of action of probiotics in affecting host-microbial interactions and immunity in food producing animals / Tao Ma, Yutaka Suzuki, Le Luo Guan// Veterinary Immunology and Immunopathology. 22 October 2018. Volume 205 (Cover date: November 2018). Pages 35-48. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2018.10.004>

13. Rumen and fecal microbial profiles in cattle fed high lignin diets using metagenome analysis Anaerobe / Munni Khatoon, Shriram H. Patel, Anju P. Kunjadiya //30 December 2021. Volume 73 (Cover date: February 2022). Article 102508. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2021.102508>



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

Бабкина Татьяна Николаевна, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры терапии и пропедевтики животных, ФГБОУ ВО Донского государственного аграрного университета, babkina.55@list.ru

Ленкова Наталья Владимировна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры терапии и пропедевтики животных, ФГБОУ ВО Донского государственного аграрного университета, nata.lenkova.80@mail.ru

Author Information

Babkina Tatyana N., candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the therapies and propaedeutics, Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia, babkina.55@list.ru

Lenkova Natalya V., candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the therapies and propaedeutics, Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia, nata.lenkova.80@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.11.2022; одобрена после рецензирования 08.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 17.11.2022; approved after reviewing 08.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 579.676: 637.12`61
DOI: 10.36508/RSATU.2022.50.27.003

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЫРОГО КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА

Ольга Алексеевна Захарова¹✉, Ольга Валерьевна Евдокимова², Елена Петровна Котелевец³, Ирина Игоревна Садовая⁴, Юлия Валерьевна Ломова⁵^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава РФ^{1,4,5} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г.Рязань, Россия¹ol-zahar.ru@yandex.ru**Аннотация.**

Проблема и цель. Молоко кобыл по химическому составу содержит меньше белков и жира, но больше лактозы, чем коровье. В целях обеспечения гигиены производства молока и повышения уровня санитарной культуры коневодческих ферм нами были установлены микробиологические характеристики продукта. Молоко, благодаря своему составу, является отличной питательной средой для микроорганизмов. В естественных условиях молоко поступает из молочной железы коровы непосредственно в ротовую полость теленка, при этом бактериальное загрязнение молока из окружающей среды минимально. В то же время, сырое молоко обладает бактерицидными свойствами – препятствует некоторое время размножению бактерий, попавших в него во время доения и обработки, или уничтожает их благодаря наличию иммунных тел. Цель исследований – микробиологический анализ сырого молока кобыл, проведенный в ООО «ЛАГ Сервис-Агро» Захаровского района Рязанской области.

Методология. Общепринятая. Отбор проб у 5 кобыл пятилетнего возраста и контроль проводили по ГОСТ Р 52973-2008 «Молоко кобылье сырое. Технические условия». Исследования выполнены на кафедре технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции и кафедре микробиологии Рязанского ГАТУ, кафедре микробиологии Рязанского ГМУ при Минздраве РФ. Отбор проб проводили по СТ26809, микробиологические исследования – по ГОСТ 9225, соматические клетки – по ГОСТ 23453. Методы исследования – анализ, синтез, логика, заключение. Результаты экспериментов обрабатывались по компьютерной программе Statistika 10.

Результаты. Органолептические характеристики соответствовали требованиям норматива. Количество определенных соматических клеток составило не более 2×10^5 в см³. Проведенные исследования показали, что по общей бактериальной контаминации мезофильными микроорганизмами сортового молока соответствовали 100 % проб. БГКП не нормируется, но в наших исследованиях их количество невысокое. Видовое разнообразие БГКП в сыром молоке кобыл достаточно широкое: максимум идентифицирован представителей бактерий рода *Escherichia*, меньше – *Enterobacter* и др. Определение общего количества бактерий в молоке показало обесцвечивание метиленового синего в течение 3 часов, что характеризует оценку как удовлетворительную. Пробы с резазурином по истечении 1 ч. установили приобретение молоком серо-сиреневую окраску, что свидетельствовало о содержании в 1 мл молока до 500 тыс. и по цветовой шкале относилось к I классу. Полученные результаты содержания *Escherichia coli* в пробах проверены методами статистики и получены коэффициенты Стьюдента $t(05)$, равные между парами значений в пробах сырого молока 2,0155-4,6566. Коли-титр не превышал нормативных величин и отражал гигиену производства молока. Итак, по коли-титру содержание кишечной палочки в разведении 0,1 минимально.

Заключение. По всем исследуемым показателям в сыром молоке кобыл превышений количества микроорганизмов выявлено не было, что свидетельствует о должном уходе за животными в хозяйстве. По содержанию мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов, БГКП, коли-титру молоко соответствовало высшему, 1, 2 сортам, несортowego не выявлено. Для объективной оценки санитарного качества сырого молока необходимо дополнительно определять содержание гемолитических стрептококков и энтеропатогенных кишечных палочек, не предусмотренных стандартами, и другие.

Ключевые слова: сырое молоко кобылье, микроорганизмы, бактерии групп кишечной палочки, коли-титр, контроль

Для цитирования: Захарова О.А., Евдокимова О.В., Котелевец Е.П., Садовая И.И., Ломова Ю.В.,



Микробиологический анализ сырого кобыльего молока // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т 14, № 4, С 12-19 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.50.27.003>

AGRICULTURAL SCIENCES

Original article

MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF RAW MARE'S MILK

Olga A. Zakharova^{1✉}, Olga V. Evdokimova², Elena P. Kotelevets³, Irina I. Sadovaya⁴, Yulia V. Lomova⁵

^{1, 2, 3} FSBEI HE "Ryazan State Medical University Named after Academician I.P. Pavlov" of the Ministry of Health of the Russian Federation

^{4, 5} FSBEI HE "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ol-zahar.ru@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. Mare's milk chemically contains less protein and fat, but more lactose than cow's milk. In order to ensure the hygiene of milk production and improve the level of sanitary culture of horse breeding farms, microbiological characteristics of the product have been established. Milk, due to its composition, is an excellent breeding ground for microorganisms. Under natural conditions, milk flows from the cow's mammary gland directly into the calf's mouth, while bacterial contamination of milk from the environment is minimal. At the same time, raw milk has bactericidal properties. For some time, it prevents the growth of bacteria that got into it during milking and processing, or destroys them due to immune bodies. The purpose of the research was the microbiological analysis of raw mare's milk, carried out at LAG Service-Agro LLC, Zakharovsky district, Ryazan region.

Methodology. Research methods were common. Sampling in 5 five-year-old mares and control was carried out according to GOST R 52973-2008 "Raw mare's milk. Specifications". The studies were carried out at the Department of the Technology of Agricultural Production and Processing and the Department of Microbiology of Ryazan State Agrotechnological University, the Department of Microbiology of Ryazan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. Sampling was carried out according to ST26809, microbiological studies - according to GOST 9225, somatic cells - according to GOST 23453. Research methods included analysis, synthesis, logic, conclusion. The results of experiments were processed using computer program Statistika 10.

Results. Organoleptic characteristics met the requirements of the standard. The number of certain somatic cells was no more than 2×10^5 per cm^3 . The conducted studies showed that 100% of samples corresponded to varietal milk in terms of total bacterial contamination with mesophilic microorganisms. Coliform bacteria were not standardized, but their number in studies was low. The species diversity of coliform bacteria in raw milk of mares was quite wide: *Escherichia* bacteria had maximum representatives, *Enterobacter* and others had less. Determination of the total number of bacteria in milk showed discoloration of methylene blue for 3 hours, which characterized the assessment as satisfactory. Samples with resazurin after 1 hour revealed the acquisition of gray-lilac color by milk, which indicated the content of up to 500 thousand in 1 ml of milk and belonged to class I according to the color scale. The obtained results of the content of *Escherichia coli* in samples were verified by statistical methods and Student's coefficients $t(05)$ were obtained, equal between pairs of values in raw milk samples 2.0155-4.6566. The coli-titer did not exceed the normative values and reflected the hygiene of milk production. So, according to the coli-titer, the content of *Escherichia coli* in a dilution of 0.1 was minimal.

Conclusion. According to all the studied indicators in the raw milk of mares, no excess of microorganisms was detected, which indicated proper care for animals on the farm. According to the content of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, coliform bacteria, and coli-titer the milk corresponded to the highest 1 or 2 grades, no out-of-grade was detected. For an objective assessment of the sanitary quality of raw milk, it is necessary to additionally determine the content of hemolytic streptococci and enteropathogenic *Escherichia coli* that are not provided for by the standards, and others.

Key words: raw mare's milk, microorganisms, coliform bacteria, coli-titer, control

For citation: Zakharova O.A., Evdokimova O.B., Kotelevets E.P., Sadovaya I.I., Lomova Yu.V. Microbiological analysis of raw mare's milk // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. T14, No.4. P 12-19 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.50.27.003>

Введение

Молоко кобыл по химическому составу и пищевой ценности исключительно близко к женскому. Кобылье молоко относится к молоку альбуминовой группы – на долю казеина в нём приходится 50 % общего количества белков [1, 11]. Оно содер-

жит в 1,5-2 раза меньше белков и жира и почти в 1,5 раза больше лактозы. В целях обеспечения гигиены производства молока и повышения уровня санитарной культуры коневодческих ферм нами были установлены микробиологические характеристики продукта. Сырое молоко – продукт

животного происхождения, не прошедший процедуру пастеризации, стерилизации или кипячения. Молоко, благодаря своему составу, является отличной питательной средой для микроорганизмов. В естественных условиях молоко поступает из молочной железы коровы непосредственно в ротовую полость теленка, при этом бактериальное загрязнение молока из окружающей среды минимально. Однако молоко свежесвыдоенное никогда не бывает стерильным, оно содержит от нескольких сотен до тысяч бактерий в 1 мл. Видовое разнообразие тоже значительное – до 200 видов. Эти микроорганизмы попадают в молоко непосредственно из соскового канала молочной железы – это так называемое секреторное обсеменение молока, или его нормальная бактериальная флора. В зависимости от количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяют сорт молока [7, 12].

Количественный и качественный состав микрофлоры молока обусловлен начальным его обсеменением; микрофлорой компонентов, вносимых в молоко; микрофлорой вторичного обсеменения, попадающей с оборудования, инвентаря, упаковочного материала, тары, воздуха, воды, рук работников и других источников [2, 5, 15]. У молока, полученного от больных животных, могут присутствовать возбудители заболеваний (мастит, ящур, холеры, туберкулеза, сибирской язвы, бруцеллеза), вирусы, дрожжи и плесени [3, 13, 14].

Остаточная микрофлора и микрофлора вторичного загрязнения включает санитарно-показательные микроорганизмы, к примеру, бактерии группы кишечной палочки (БГКП), условно-патогенные *Escherichia coli*, др.; патогенные микроорганизмы, к примеру, *Listeria monocytogenes*, микроорганизмы порчи (плесневые грибы, масляно-кислые бактерии, термоустойчивые молочнокислые палочки), бактериофаги [6-9].

Сырое молоко кобыл обладает бактерицидными свойствами – препятствует размножению бактерий, попавших в него во время доения и обработки, или уничтожает их благодаря наличию иммунных тел [10]. Свежесвыдоенное молоко здоровых животных содержит естественные антибактериальные вещества (лизцимы, антитела, антитоксины, форменные элементы крови, лактины), хотя продолжительность действия их неустойчива. Неохлажденное молоко после доения теряет свои бактерицидные свойства через 6,5 часов, при температуре 10° С и строгом соблюдении санитарных условий – через 40 часов, без соблюдения санитарных условий – через 22 час.

Первая фаза размножения микрофлоры в молоке – фаза смешанной микрофлоры. При температуре молока выше 10° С после разрушения бактерицидных веществ гнилостные, молочнокислые и другие микробы начинают размножаться [1, 14]. На вкус молоко неприятное, кисловатое. Во второй фазе наиболее энергично размножаются молочнокислые бактерии и стрептококки. Накапливаемая этими микробами молочная кислота

угнетает развитие гнилостной микрофлоры, и она в значительной степени отмирает. Казеин под влиянием молочной кислоты набухает, и молоко свертывается. В третьей фазе размножаются преимущественно молочнокислые палочки, при этом концентрация молочной кислоты достигает 2,5-3,5 %, поэтому стрептококки и кишечная палочка гибнут. В четвертой фазе концентрация молочной кислоты удерживается на высоком уровне, она подавляет развитие и самих молочнокислых бактерий, вследствие чего количество микробов в свернувшемся молоке резко снижается. В дальнейшем начинают усиленно размножаться дрожжи и молочная плесень. Молоко прогоркает, становится непригодным в пищу и не может скормливаться молодняку животных [4].

Объекты и методы исследований

Цель исследований – микробиологический анализ сырого молока кобыл в ООО «ЛАГ Сервис-Агро» (рис. 1), в котором продукт используется только на кормление молодняка. Отборы проб и методы микробиологического исследования проводились по ГОСТ Р 52973-2008 «Молоко кобылье сырое. Технические условия». Исследования выполнены на кафедре технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции и кафедре микробиологии Рязанского ГАТУ, кафедре микробиологии Рязанского ГМУ при Минздраве РФ. Отбор проб проводили по СТ26809, микробиологические исследования – по ГОСТ 9225, соматические клетки – по ГОСТ 23453.



Рис. 1 – Содержание животных на конеферме
(Fig. 1 – Animal management on a horse farm)

Для бактериологического исследования отбиралось молоко у 5 кобыл пятилетнего возраста стерильным пробоотборником в стерильную колбу с пробкой, продукт сразу исследовали.

1. При определении общего количества микроорганизмов нормы разведения следующие: молоко сырое 1:10000, 1:100000, 1:1000000. По 1 см³ соответствующих разведений высевали в чашки Петри и заливали расплавленной питательной средой, охлажденной до температуры 45° С (сусло-агар) в количестве 12 см³. Выращивали в те-



чение 2 сут при температуре 37° С в термостате. Количество выросших колоний подсчитывали счетчиками в каждой чашке, поместив ее вверх дном (без крышки) на темном фоне, пользуясь лупой с увеличением до 10 раз. Каждую подсчитанную колонию отмечали на дне чашки чернилами. Число колоний, выросших на каждой чашке, умножали на соответствующее разведение.

Полученные результаты по отдельным чашкам складывали, делили на количество подсчитанных чашек и получали среднее арифметическое, которое принимали за окончательное (рисунки 2,3).



Рис. 2 – Посев смеси на питательный агар в чашки Петри

(Fig. 2 – Sowing the mixture on nutrient agar in Petri



Рис. 3 – Проращивание колоний в термостате

(Fig. 3 – Germination of colonies in a thermostat)

2. Количественный учет молочнокислых бактерий учитывали чашечным методом при посеве соответствующего разведения продукта по 1 см³ в чашки Петри и заливки агаром с гидролизированным молоком и мелом. Посевы выдерживали в термостате при температуре 30° С в течение 3 сут. Колонии молочнокислых бактерий распознавали по зонам просветления в результате растворения мела молочной кислотой.

3. БГКП определяли бродильным методом. Засевали молоко в шесть пробирок со средой Кес-

слера: в три – по 1 см³ и в три – по 0,1 см³. После инкубации в термостате при температуре 43-45° С в течение 24 ч (первая бродильная проба) просматривали и устанавливали бродильный титр сырого молока. Отсутствие газа во всех пробирках свидетельствовало об отсутствии в продукте бактерий группы кишечных палочек, и, наоборот, появление газа свидетельствовало о возможном загрязнении молока кишечной палочкой. Затем окрашивали по Граму, пересевали в чашки Петри на среды Козера и с глюкозой. Выращивали в течение 18-24 ч при температуре 37° С (вторая бродильная проба). При появлении розовых слизистых колоний изучали их при подготовке мазка и микроскопировании. При наличии в мазках грамотрицательных палочек, подозрительных в отношении БГКП, проводили высев на среду Симмонса с целью идентификации и дифференциации рода *Escherichia* и бактерий родов *Citrobacter* и *Enterobacter* (третья бродильная проба). *Escherichia coli* относится к цитратотрицательным бактериям, она не способна усваивать углерод из солей лимонной кислоты и расти на этой среде. Штаммы кишечной палочки, выросшие на среде Симмонса с изменением ее цвета из оливково-зеленого в светло-синий, являются цитратположительными и относятся к родам *Citrobacter* или *Enterobacter* и не учитываются. В молоке не должно содержаться патогенных микроорганизмов, о чем судили по коли-титру, что есть наименьшее количество исследуемого молока, в котором устанавливается наличие бактерий из группы кишечной палочки путем идентификации.

4. Определение общего количества бактерий в молоке косвенным методом. Для определения бактериальной чистоты и свежести молока проводят пробу на редуктазу, основанную на способности бактерий выделять редуктазу, восстанавливающую краску (метиленовый синий). Обесцвечивание метиленового синего наступает тем быстрее, чем больше микробов в молоке. Проба с метиленовым синим: в пробирки наливали 20 см³ молока и 1 см³ метиленового синего или 10 см³ молока и 0,5 см³ метиленового синего. После тщательного смешивания пробирки помещали в водяную баню с температурой воды 38°С до полного обесцвечивания молока. Контроль осуществляли через 20 мин., 2 и 5,5 ч после начала анализа. По скорости обесцвечивания метиленового синего молоко оценивали как хорошее, удовлетворительное, плохое и очень плохое.

Микроскопические исследования проводили с помощью биологического микроскопа OLYMPUS CX 31.

Результаты исследований проб молока для достоверности были обработаны на компьютерной программе Statistika 10.

Результаты исследований

Отобранные пробы молока соответствовали органолептическим характеристикам, что показано в таблице 1.



Таблица 1 – Органолептические характеристики сырого молока кобыл

Показатель	Характеристика продукта
Консистенция	однородная, без осадка хлопьев
Вкус и запах	чистый, сладковатый, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	белый, с голубоватым оттенком

В соответствии с нормативом, количество определенных соматических клеток составило не более 2×10^5 в см^3 .

Проведенные исследования показали, что по общей бактериальной контаминации мезофильными микроорганизмами сортового молока со-

ответствовали 100 % проб. Дифференциацию молока по сортам, в зависимости от количества мезофильных микроорганизмов в единице объема, проводили в соответствии с требованиями действующих санитарных правил и норм (СанПиН 2.3.2.560-96) и ГОСТ 13264-88 (табл. 2).

Таблица 2 – Микробиологические показатели сырого молока кобыл

Сорт молока	Общая бактериальная обсемененность сырого молока	
	КОЕ / см^3	% проб
<i>мезофильные аэробные и факультативные анаэробные микроорганизмы</i>		
высший	$2,2 \times 10^5$	68,0
1 сорт	$2,4 \times 10^5$	28,0
2 сорт	$2,8 \times 10^5$	4,0
<i>БГКП</i>		
высший	27 ± 22	73,2
1 сорт	35 ± 13	15,0
2 сорт	56 ± 33	11,8
<i>коли-типы</i>		
высший	>3	82,21
1 сорт	>3	2,35
2 сорт	3	15,44

Из анализа данных таблицы 2 видно – общая бактериальная обсемененность сырого молока кобыл невысокая, что объясняется хорошим уходом за животными, в первую очередь. Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) или общая бактериальная обсемененность является одним из основных показателей санитарного качества сырого молока. Согласно ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» допустимый уровень в сыром молоке КМАФАнМ до $2,8 \times 10^5$ КОЕ/см³. Требованиям для молока выше-

го сорта отвечало 68 % проб, 1 сорта – 28 % проб, 3 сорта – 4 %. Несортowego молока нет.

Таким образом, бактериальная обсемененность молока кобыл находилась в пределах нормы; сырое молоко безопасно.

БГКП не нормируется, но в наших исследованиях их количество невысокое. Видовое разнообразие БГКП в сыром молоке кобыл достаточно широкое (рис. 4): максимум идентифицирован представителей бактерий рода *Escherichia*, меньше – *Enterobacter* и др.

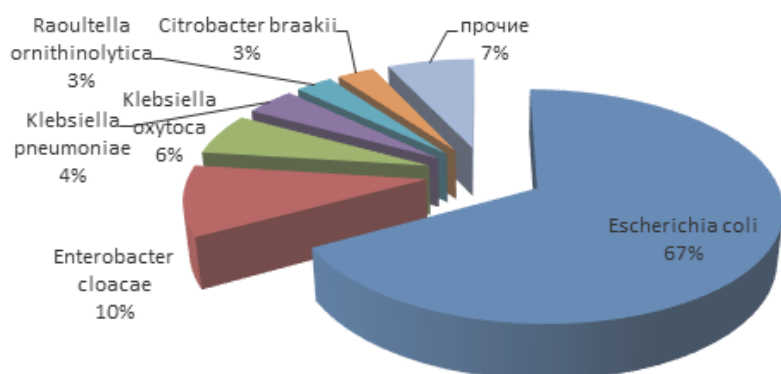


Рис. 4 – Видовое разнообразие БГКП в сыром молоке кобыл (Fig. 4 – Species diversity of coliform bacteria in raw milk of mares)



Определение общего количества бактерий в молоке показало обесцвечивание метиленового синего в течение 3 часов, что характеризует оценку как удовлетворительную.

Пробы с резазурином по истечении 1 ч. установили приобретение молоком серо-сиреневой окраски, что свидетельствовало о содержании в 1 мл молока до 500 тыс. и по цветовой шкале относилось к I классу (рис. 5). Полученные результаты содержания *Escherichia coli* в пробах проверены методами статистики и получены коэффициенты Стьюдента $t(05)$, равные между парами значений в пробах сырого молока 2,0155–4,6566. В корреляционно-регрессионном анализе выявлены зависимости качества молока кобыл в исследуемых пробах, отображенных графиком на рисунке 6.

Коли-титр не превышал нормативных величин. Коли-титр является важным микробиологическим показателем, отражающим гигиену производства молока. Итак, по коли-титру содержание кишечной палочки в разведении 0,1 минимально.



Рис. 5 – Обсуждение результатов исследований
(Fig. 5 – Discussion of research results)

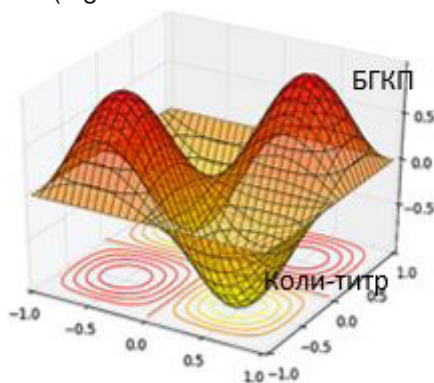


Рис. 6 – Поверхности отклика между мезофильными аэробными и факультативными анаэробными микроорганизмами, БГКП, коли-титрами в сыром молоке кобыл

(Fig. 6 – Response surfaces between mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, coliform bacteria, coli-titers in raw mare's milk)

Заключение

В результате испытания отобранных проб сырого молока в ООО «ЛАГ Сервис-Агро» содержания БГКП, превышающего требования нормативных документов РФ, выявлено не было, что свидетельствует о должном уходе за животными в хозяйстве. По содержанию мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов, БГКП, коли-титру молоко соответствовало 1, 2 и 3 сортам, несортного не выявлено.

Количество мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов было невысоким и между сортами численность их колебалась от 100 до 10^5 КОЕ / см³, БГКП соответствует санитарной норме. Дифференциация и определение видового разнообразия выделенных БГКП показали, что данные энтеробактерии являются представителями следующих родов: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* и др. Коли-титр, характеризующий санитарно-гигиенический режим, также соответствовал нормативу.

В целом, молоко соответствует нормативным характеристикам вследствие тщательной обработки вымени перед дойкой и доильного оборудования.

Для объективной оценки санитарного качества сырого молока необходимо дополнительно определять содержание гемолитических стрептококков и энтеропатогенных кишечных палочек, не предусмотренных стандартами, и другие.

Список источников

1. Ганина, В. И. Биобезопасность молочной продукции / В.И. Ганина, Л. А. Борисова, А. В. Захарченко // Переработка молока, 2010. – № 8 (130). – С. 14–16. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25326388>
2. Литвина, Л.А. Микробиология молока. - Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2012. - 112 с. <https://yandex.ru/search/?text=2.%09Литвина%2C+Л.А.+Микробиология+молока.+--+Новосибирск+%3A+Изд-во+НГАУ%2C+2012&lr=11&clid=2073074&win=135>
3. Микробиологический контроль за качеством пищевых продуктов и санитарным режимом на пищевых предприятиях / Н.Л. Бацукова, Н.В. Борушко, П.Г. Новиков. - Минск: БГУ, 2011. - 16 с. DOI: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16752111>
4. Свириденко, Г.М. Ингибирующие вещества – комплексный показатель безопасности молока и молочных продуктов / Г.М. Свириденко // Переработка молока, 2014. – № 6. – С. 44–48. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21735720>
5. Соколова, О.Я. Производственный контроль молока и молочных продуктов: учебное пособие / О.Я. Соколова, Н.Г. Догарева / Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ 2012. - 195 с. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21937871>
6. Соляников, Т.В. Микробиология молока и молочных продуктов /Т.В. Соляников. - Горки: БГСХА, 2014. - 24 с. DOI: <https://elib.baa.by/xmlui/handle/123456789/304?show=full>
7. Сычева, О. Оценка качества и безопасности молока. - М. : Директ-Медиа, 2015. - 90 с. DOI:
8. Четина, Е. В. Влияние некоторых физио-



логических и генетических факторов на процесс перехода энтеротоксигенных штаммов *Escherichia coli* в некультивируемое состояние // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология, 1997. – № 1. – С. 8–14. DOI: <https://veterinary.arriah.ru/jour/article/viewFile/299/300>

9. Шадрова, Н.Б. Определение видового разнообразия бактерий группы кишечной палочки в готовых молочных продуктах / Н. Б. Шадрова, О. В. Прунтова, Г. С. Скитович // Ветеринария сегодня, 2017. - №2 (21). – С.15-25. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29326466>

10. A study into the occurrence of *Cronobacter* spp. In The Netherlands between 2001 and 2005 / M. C. Kandhai, A. E. Heuvelink, M. W. Reij [et al.] // Food Control. – 2010. – Vol. 21, № 8. – P. 1127–1136.

11. Does enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 enter the viable but nonculturable state in salted salmon roe? / S. I. Makino, T. Kii, H. Asakura

[et al.] // Appl. Environ. Microbiol. – 2000. – Vol. 66, № 12. – P. 5536–5539.

12. *Enterobacter sakazakii* and other microorganisms in powdered infant Formula: Meeting report / FAO/

13. WHO – MRA Series 6. – Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2004. – URL: <http://www.who.int/foodsafety/publications/mra6-enterobacter-sakazakii/en/>.

14. Inducible gene expression by nonculturable bacteria in milk after pasteurization / T. S. Gunasekera, A. Sørensen, P. V. Attfield [et al.] // Appl. Environ. Microbiol. – 2002. – Vol. 68, № 4. – P. 1988–1993.

15. Ntuli V., Njage P. M. K., Buys E. M. Characterization of *Escherichia coli* and other Enterobacteriaceae in producer-distributor bulk milk // J. Dairy Sci. – 2016. – Vol. 99, № 12. – doi: 10.3168/jds.2016-11403.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Ganina, V. I. *Biobezопасnost' molochnoj produkcii* / V.I. Ganina, L. A. Borisova, A. V. Zaharchenko // *Pererabotka moloka*, 2010. – № 8 (130). – S. 14–16. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25326388>

2. Litvina, L.A. *Mikrobiologiya moloka*. - Novosibirsk : Izd-vo NGAU, 2012. - 112 s. <https://yandex.ru/search/?text=2.%09Litvina%2C+L.A.+Mikrobiologiya+moloka.+--+Novosibirsk+%3A+Izd-vo+NGAU%2C+2012&lr=11&clid=2073074&win=135>

3. *Mikrobiologicheskij kontrol' za kachestvom pishchevyyh produktov i sanitarnym rezhimom na pishchevyyh predpriyatiyah* / N.L. Bacukova, N.V. Borushko, P.G. Novikov. - Minsk: BGU, 2011. - 16 s. DOI: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16752111>

4. Sviridenko, G.M. *Ingibiruyushchie veshchestva – kompleksnyj pokazatel' bezopasnosti moloka i molochnyh produktov* / G.M. Sviridenko // *Pererabotka moloka*, 2014. – № 6. – S. 44–48. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21735720>

5. Sokolova, O.YA. *Proizvodstvennyj kontrol' moloka i molochnyh produktov: uchebnoe posobie* / O.YA. Sokolova, N.G. Dogareva / *Orenburgskij gos. un-t.* - Orenburg: OGU 2012. - 195 s. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21937871>

6. Solyanikov, T.V. *Mikrobiologiya moloka i molochnyh produktov* / T.V. Solyanikov. - Gorki: BGSKHA, 2014. - 24 s. DOI: <https://elib.baa.by/xmlui/handle/123456789/304?show=full>

7. Sycheva, O. *Ocenka kachestva i bezopasnosti moloka*. - M. : Direkt-Media, 2015. - 90 s. DOI:

8. CHetina, E. V. *Vliyanie nekotoryh fiziologicheskikh i geneticheskikh faktorov na process perekhoda enterotoksigennyh shtammov Escherichia coli v nekultiviruемое состояние* // *Molekulyarnaya genetika, mikrobiologiya i virusologiya*, 1997. – № 1. – S. 8–14. DOI: <https://veterinary.arriah.ru/jour/article/viewFile/299/300>

9. SHadrova, N.B. *Opredelenie vidovogo raznoobraziya bakterij gruppy kishechnoj palochki v gotovyh molochnyh produktah* / N. B. SHadrova, O. V. Pruntova, G. S. Skitovich // *Veterinariya segodnya*, 2017. - №2 (21). – S. 15-25. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29326466>

10. A study into the occurrence of *Cronobacter* spp. In The Netherlands between 2001 and 2005 / M. C. Kandhai, A. E. Heuvelink, M. W. Reij [et al.] // Food Control. – 2010. – Vol. 21, № 8. – P. 1127–1136.

11. Does enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 enter the viable but nonculturable state in salted salmon roe? / S. I. Makino, T. Kii, H. Asakura [et al.] // Appl. Environ. Microbiol. – 2000. – Vol. 66, № 12. – R. 5536–5539.

12. *Enterobacter sakazakii* and other microorganisms in powdered infant Formula: Meeting report / FAO/

13. WHO – MRA Series 6. – Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2004. – URL: <http://www.who.int/foodsafety/publications/mra6-enterobacter-sakazakii/en/>.

14. Inducible gene expression by nonculturable bacteria in milk after pasteurization / T. S. Gunasekera, A. Sørensen, P. V. Attfield [et al.] // Appl. Environ. Microbiol. - 2002. – Vol. 68, № 4. – R. 1988–1993.

15. Ntuli V., Njage P. M. K., Buys E. M. Characterization of *Escherichia coli* and other Enterobacteriaceae in producer-distributor bulk milk // J. Dairy Sci. – 2016. – Vol. 99, № 12. – doi: 10.3168/jds.2016-11403.

*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**

Захарова Ольга Алексеевна – д-р с.-х. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»; доцент кафедры микробиологии Рязанского ГМУ Минздрава РФ, ol-zahar.ru@yandex.ru

Евдокимова Ольга Валерьевна – канд. мед. наук, доцент, зав. кафедрой микробиологии Рязанского ГМУ Минздрава РФ, ol-zahar.ru@yandex.ru

Котелевец Елена Петровна - ассистент кафедры микробиологии Рязанского ГМУ Минздрава РФ ol-zahar.ru@yandex.ru

Садовая Ирина Игоревна – аспирант кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», sadovayaii@mail.ru

Ломова Юлия Валерьевна – канд. ветеринар. наук, доцент каф. микробиологии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»,

Author Information

Zakharova, Olga A., Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, FSBEI HE «Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev», Associate Professor, Department of Microbiology, Ryazan State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, ol-zahar.ru@yandex.ru

Evdokimova Olga V., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Microbiology, FSBEI HE "Ryazan State Medical University Named after Academician I.P. Pavlov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, ol-zahar.ru@yandex.ru

Kotelevets Elena P., Assistant of the Department of Microbiology, FSBEI HE "Ryazan State Medical University Named after Academician I.P. Pavlov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, ol-zahar.ru@yandex.ru

Sadovaya Irina I., Post-Graduate Student of the Department of the Technology of Agricultural Production and Processing, FSBEI HE «Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev», sadovayaii@mail.ru

Lomova Yuliya V., Ph.D. veterinarian. Sciences, Associate Professor microbiology, FSBEI HE «Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev»

Статья поступила в редакцию 18.10.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 18.11.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.085.53:636.084.1:636.2
DOI: 10.36508/RSATU.2022.24.35.004

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУБОГО КОРМА, ОБРАБОТАННОГО ДАВЛЕНИЕМ, НА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ОТКОРМА БЫЧКОВ

Лидия Григорьевна Каширина¹✉, Людмила Алексеевна Павлова²

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

¹kashirina@rgatu.ru

²ludmila.kuzmenko@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью исследований являлось установление взаимосвязи между кратностью обработки грубого корма давлением, входящего в рацион бычков, с массой фракций рубцового содержимого и приростом живой массы на заключительном этапе откорма.

Методология. Исследования были проведены в АО «Московское» Рязанского района Рязанской области на 9 головах бычков черно-пестрой породы, сформированных в три группы, с использованием в рационах грубого корма однократной и двукратной механической обработки давлением на вальцовом прессе - плющилке KURSAN. Была определена масса фракций цельного рубцового содержимого: грубый остаток корма, бесклеточная жидкость, бактерии и инфузории, в разные периоды отбора проб: до кормления и после кормления через три часа.

Результаты. Лучше всего зарекомендовала себя двукратная обработка грубого корма. При потреблении такого корма, бактериальная и инфузорная фракции рубца были самыми большими, это оказало влияние на усиление ферментативных процессов и, следовательно, на усвоение питательных веществ рациона организмом. Это нашло отражение в результатах прироста живой массы бычков опытных групп, получавших в рационах обработанные корма. У бычков опытной группы 1 он был на 58,2 % больше, чем в контроле и на 28,1 %, чем в опытной группе 2, поскольку белок, входящий в состав бактерий и инфузоров, полностью усваивается организмом жвачных.

Заключение. Для получения большего прироста живой массы бычками на заключительном этапе откорма рекомендуется проводить обработку грубого корма механическим давлением на вальцовом прессе - плющилке KURSAN.

Ключевые слова: бычки черно-пестрой породы, кормление сельскохозяйственных животных, обработка грубого корма, рубцовое пищеварение.

Для цитирования: Каширина Л.Г., Павлова Л.А. Использование грубого корма, обработанного давлением, на заключительном этапе откорма бычков//Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева.2022.Т.14, №4. С 20-26 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.24.35.004>

AGRICULTURAL SCIENCES

Original article

THE USE OF PRESSURE PROCESSED ROUGHAGE AT THE FINAL STAGE OF BULLS FATTENING

Lidia G. Kashirina¹✉, Lyudmila A. Pavlova²

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

¹kashirina@rgatu.ru

²ludmila.kuzmenko@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of the research was to establish the relationship between the frequency of roughage processing by pressure, with the mass of fractions of cicatricial content and the increase in live



weight of bulls at the final stage of fattening.

Methodology. Experimental studies were carried in the conditions of JSC "Moskovskoe" in Ryazan district of Ryazan region with 9 black-and-white bulls divided into 3 groups at the final stage of fattening, when using single and double mechanical pressure processing on a KURSAN roller press-conditioner in roughage diets. The mass of fractions of the whole cicatricial content was determined including coarse feed residue, acellular fluid, bacteria and ciliates at different sampling periods: before fattening and 3 hours after it.

Results. The double processing of roughage had the best results. When this food was consumed, the bacterial and infusoria fractions of the rumen were the largest and this influenced the weight gain of bulls, since bacterial protein was completely absorbed by the ruminant organism.

Conclusion. In order to obtain a greater increase in live weight of bulls at the final stage of fattening, it is recommended to process the roughage with pressure on a KURSAN roller press-conditioner.

Key words: black-and-white bulls, feeding of farm animals, processing roughage with pressure, rumen digestion.

For citation: Kashirina L.G., Pavlova L.A. The use of pressure processed roughage at the final stage of bulls fattening. // Herald of Ryazan State Agrotechnical University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No. 4, P 20-26 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.24.35.004>

Введение

Удельный вес продукции животноводства, в валовом объеме сельскохозяйственного производства России составляет около 45 процентов. В связи с растущими потребностями населения в продуктах питания животного происхождения, этот показатель необходимо наращивать. Рост производства продуктов животноводства, в основном, зависит от увеличения поголовья животных и повышения их продуктивности, а продуктивность от наличия кормов высокого качества и доступности питательных веществ, входящих в их состав, организму животных [1 - 8].

Грубые корма являются неотъемлемой частью рационов жвачных животных. К ним относятся сено, солома, мякина, стебли кукурузы, шелуха семян ряда культур и др. Однако переваримость питательных веществ их находится на низком уровне. В основном это зависит от химического состава их клеточных оболочек, которые состоят из клетчатки. Скелетными веществами, которых является целлюлоза, основной компонент клетчатки, и лигнин. Молекулы целлюлозы крепко связаны между собой водородными связями, лигнин же откладывается в промежутках между фибриллами целлюлозы и образует ковалентные связи с ними, усиливая жесткость оболочек, к тому же он препятствует воздействию микроорганизмов рубца на целлюлозу. Лигнин снижает переваримость, как целлюлозы, так и клетчатки. Таким образом, оболочка растительной клетки — это барьер, затрудняющий доступ микроорганизмам к ее содержимому. Разрушение клеточных оболочек грубого корма позволяет увеличить доступ микроорганизмам, в преджелудках жвачных, для ферментативного воздействия на питательные вещества кормов [11-14, 17-19].

Любые способы воздействия на грубый корм (термические, химические и др.) требуют значи-

тельных материальных затрат. Поэтому изыскание более дешевых средств и способов, повышающих переваримость питательных веществ кормов, является актуальным.

Целью исследований было установление взаимосвязи между кратностью обработки грубого корма давлением, массой фракций рубцового содержимого и приростом живой массы бычков на заключительном этапе откорма.

Материалы и методы исследования

Исследования были выполнены в РФ, в условиях АО «Московское» Рязанского района Рязанской области. На эксперимент были поставлены бычки в количестве 9 голов, породы черно-пестрая, в возрасте 12 месяцев, живой массой 342,4±8,4 кг. Заключительный этап откорма продолжался в течение трех месяцев.

Животные были разбиты на три группы: контрольную и две опытные по 3 головы в каждой, размещены в одном помещении на привязи. Кормление бычков было трехразовое, доступ к воде свободный. Контрольные животные получали грубый корм, в виде натурального сена лугового, который входил в состав хозяйственного рациона (ХР). Животные опытных групп, получали, то же сено, но подвергнутое обработке на вальцовом прессе - плющилке KURSAN, производительностью 1300 кг/ч. Схема опыта приведена в таблице 1. Хозяйственный рацион включал (в кг) сено луговое — 5,0, силос кукурузный — 7,0, концентраты — 4,0, патоку — 0,5, свеклу — 5,0. Рацион содержал 8,8 ЭКЕ; 82,00 МДЖ обменной энергии; 8,64 кг сухого вещества; 780,46 г переваримого протеина; 271 г сырого жира; 623 г сахара; 1840 г сырой клетчатки; 25,7 г кальция; 26,41 г фосфора; 55,34 мг каротина и соответствовал физиологическим нормам и потребностям организма животных [3].

Таблица 1 – Схема исследований

Группа	Кол-во голов	Особенности кормления
Контрольная	3	Хозяйственный рацион (ХР), не обработанный грубый корм.
Опытная 1	3	ХР + грубый корм, обработанный двукратно
Опытная 2	3	ХР + грубый корм, обработанный однократно



Пробы содержимого рубца отбирали носоглоточным зондом у каждого животного в период до кормления и через три часа после кормления подекадно [5]. Рубцовое содержимое фильтровали через четыре слоя марли и получали фракцию грубого остатка корма (ГОК). Жидкую часть подвергали скоростному центрифугированию по методу А.А. Алиева, М.Ш. Кафарова [1]. При разной скорости получали еще три фракции: бесклеточную жидкость (БЖ), инфузории (ИН) и бактериальную (БК), которые высушивали в сушильном шкафу и затем массу каждой фракции определяли путем взвешивания на весах «GreatRiver ДН – 836 В».

Биометрическая обработка результатов исследований проведена с помощью компьютерных программ TBAS и «Excel».

Результаты исследований

Изучение микрофлоры рубца у жвачных животных, ее роли в пищеварении и обмене веществ вызывает интерес, как у практиков животноводства, так и у ученых. Эти знания необходимы для организации полноценного и рационального кормления животных, эффективного использования кормов, с целью повышения продуктивности.

К жвачным домашним животным средней полосы России относятся: крупный рогатый скот (коровы, быки), овцы, козы. Эти животных наделены уникальными особенностями функционирования пищеварительного аппарата. Переваривание кормов в преджелудках у них происходит за счет микроорганизмов-симбионтов: инфузорий, бактерий и грибов, а также механической обработки при интенсивном сокращении мускулатуры.

Желудок жвачных состоит из четырех отделов: рубца, сетки, книжки и сычуга. В трех первых отделах железы отсутствуют, сычуг содержит железы и функционирует, как однокамерный желудок у моногастричных животных.

Рубец самая вместительная камера преджелудков, у крупных жвачных он занимает объем до 90 литров. Рубцовое содержимое состоит из рубцовой жидкости, грубого остатка корма, инфузорий и бактерий. На соотношение различных частей рубцового содержимого влияет структура и характер рациона. Содержимое располагается в рубце послойно и зависит от физических свойств корма. В нижней части рубца находится жидкая часть, в средней - плотные кормовые частицы, от степени измельчения которых зависит уровень их расположения, чем частицы мельче, тем ниже они размещаются, в верхней части присутствуют газы.

По данным ряда исследователей [1 - 10] микроорганизмы в рубце разделены на три фракции:

- свободно живущие микроорганизмы, содержание которых зависит от уровня и качества потребленного корма;
- микроорганизмы, связанные с частицами корма, эта фракция осуществляет интенсивное переваривание клетчатки;
- популяция микроорганизмов, связанная со стенкой рубца.

Прикрепление микробов к частицам корма играет важную роль в процессе переваривания

питательных веществ, поскольку обеспечивает тесный контакт с субстратом и увеличивает время пребывания микробов в рубце.

Для интенсивного роста и размножения биомассы микроорганизмов в рубце необходимы оптимальные условия: температура +38-40° С; рН близкая к нейтральной – 6,0-7,3; анаэробные условия, которые поддерживаются с помощью газов, образующихся в процессе брожения; приспособленности к большому количеству летучих жирных кислот; высокому осмотическому давлению. Всякое отклонение от этих условий нарушает экосистему рубца, изменяет состав микроорганизмов и их активность, это может приводить к нарушению работы преджелудков и всего пищеварительного тракта, а также влиять на продуктивность животных.

Состав микрофлоры в рубце не является стабильным и колеблется в зависимости от изменения различных факторов: типа кормления, уровня отделения слюны при приеме и корма и при жвачке, от скорости прохождения частиц корма по пищеварительному тракту др.

В рубце ферментируется приблизительно до 75 % питательных веществ корма, в этом процессе участвуют как сами корма, так же бактерии, инфузории и жидкость. Бесклеточная жидкость (БЖ) образуется из питьевой воды, слюны и ряда веществ, поступающих через стенку рубца из крови (белков, аминокислот, мочевины, липидов и других веществ), а также веществ, продуцируемых микроорганизмами.

Проведенные испытания по скармливанию бычкам сена лугового, подвергнутого разной кратности обработки давлением на прессе – плющилке, отразились на массе фракции рубцового содержимого, как в период до кормления, так и после него. Результаты, характеризующие соотношение отдельных фракций, полученные от животных разных групп, приведены в таблице 2.

Фракция БЖ по массе занимала больший объем во всех группах во все периоды отбора проб, но через 3 часа после кормления она была меньше по сравнению с периодом до утреннего кормления, поскольку компенсировалась фракциями грубого остатка корма (ГОК), бактериальной (БК) и инфузорной (ИН). Это период наибольшей активности микрофлоры в рубце.

Масса фракции ГОК находилась на втором месте после БЖ во все периоды отбора проб, и в период после кормления больше, чем до него. В контроле эта разница составила 24,6 г/л, в опытной группе 1 - 12,8 и в опытной группе 2 – 15,8 г/л. Эти изменения происходили под влиянием микрофлоры рубца. До утреннего кормления самое меньшее содержание ГОК было в группе бычков в опытной группе 1, величина этого показателя была на 7,4 % меньше, чем в контроле и на 55,6 %, чем в опытной группе 2. По-видимому, на это оказала влияние кратность обработки корма, в этой группе он был обработан дважды, что способствовало активному расселению инфузорий и бактерий и активной эвакуации их из рубца в нижележащие отделы.



Таблица 2 – Масса фракции рубцового содержимого в группах, г/л (n=9)

Период отбора проб	ГОК	БК	ИН	БЖ
Контрольная				
0	165,0±12,98	9,7±0,94	13,3±0,87	812,0±1,30
3	189,6±21,9	11,8±0,67	15,8±0,89	782,8±8,90
Опытная 1				
0	156,6±19,10*	14,3±0,65	17,1±0,95	812,0±12,70
3	169,4±21,30*	16,9±0,50*	23,6±3,10	790,1±7,19
Опытная 2				
0	162,2±7,45	13,2±0,14	14,8±0,54	809,8±14,30
3	178,0±9,60*	15,4±0,61*	18,6±0,74	788,0±9,34

0 – отбор проб в период до кормления;

3 – отбор проб через три часа после кормления.

Для ферментативных процессов, происходящих в рубце, наиболее важное значение имеют массы инфузорной и бактериальной фракции. Величина их в рубцовом содержимом животных находилась в прямо пропорциональной зависимости от кратности обработки грубого корма давлением, которые получали животные с рационами. Такая обработка способствовала сохранению длины кормовых волокон грубого кома, но влияла на разрушение структуры самой соломины на клеточном уровне. При анализе вышеуказанных фракций, следует отметить их функции в рубцовом пищеварении. Инфузории в рубце разрыхляют, разламывают, растаскивают кормовые частицы, увеличивают поверхность для расселения бактерий. Доля инфузорной фракции больше была в опытных группах животных, чем в контроле во все периоды отбора проб. Самой большой в опытной группе 1, грубый корм в которой был подвергнут двойной обработке. В пробах, полученных в период до кормления, количество инфузорий было на 28,6 % больше, чем в контроле, а через 3 часа после кормления, на 50,0 %. Показатели инфузорной массы в опытной группе 2, занимали среднее положение между показателями в контроле и

опытной группе 1.

Бактериальная масса, так же наибольшей была в опытной группе 1, животные которой получали грубый корм двухкратной обработки, по сравнению с контролем, где использовался необработанный корм, в период до кормления, величина ее была на 36,1 %, а после кормления на 30,5 % больше. В опытной группе 2, где грубый корм был обработан однократно, до кормления этот показатель был на 7,5 % и после кормления на 9,7 %, соответственно, больше. По вышеприведенным результатам можно сделать вывод о том, что двухкратная обработка грубого корма, способствовала большему разрушению клеточных оболочек, тем самым способствуя активному доступу бактерий к питательным веществам содержимого клеток, что и отразилось на увеличении фракционного состава инфузорий и бактерий.

Интенсивность образования микрофлоры в рубце бычков, влияла на усиление ферментативных процессов и, следовательно, на усвоении питательных веществ рациона. Это подтверждается результатами прироста живой массы животных (рис.). При постановке на опыт живая масса бычков в группах была практически одинакова.

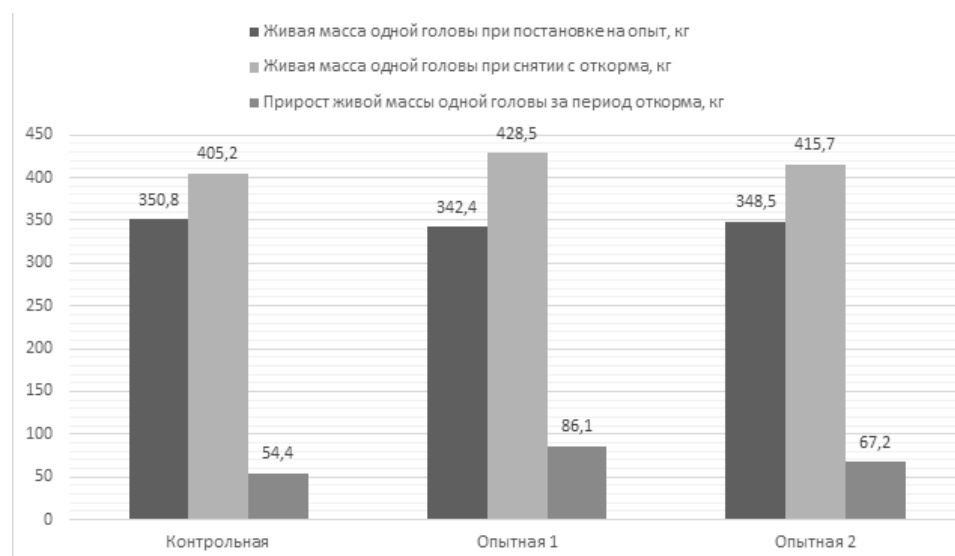


Рис. – Результаты откорма бычков, в кг (n=9)
(Fig. – Results of fattening bulls, in kg (n=9))



Суточный прирост живой массы бычков зависел от степени обработки грубого корма. В контрольной группе он был ниже, чем в опытных группах. В опытной группе 1 самым высоким, на 58,2 % больше, чем в контроле и на 28,1 %, чем в опытной группе 2. Среднесуточный прирост живой массы животных оказал влияние на результаты, полученные при снятии бычков с откорма, которые находились в прямо пропорциональной зависимости от них.

Результаты исследований и их обсуждение

Способ обработки грубого корма давлением, влияя на разрушение клеточных оболочек при сохранении целостности соломины и размера ее волокон, что очень важно для сохранения физиологических процессов у жвачных, связанных с приемом корма и руминацией. Наилучшим образом зарекомендовала себя двукратная обработка грубого корма давлением. При использовании в рационах бычков такого корма на заключительном этапе откорма, микрофлора рубца активно размножалась, образовывалось больше инфузорий и бактерий. В период после кормления, в опытной группе 1, животные которой получали грубый корм, обработанный дважды, количество бактерий в рубце увеличилось на 43,2 % по сравнению с контролем, а инфузорий на 50 %.

Известно, что бактериальный белок полностью усваивается организмом жвачных и за сутки в рубце его образуется до 1,5 кг. Этот белок полностью используется организмом животных и идет на прирост массы. Поскольку в рубцовом содержимом бычков опытной группы 1, в период после кормления, его было больше, чем в контроле на 5,1 г/л, это отразилось на показателе прироста живой массы, которая была на 5,7 % больше. Причем, кратность обработки грубого корма, так же имела место. Более высокие показатели прироста живой массы получены от животных опытной группы 1, которые были на 58,2 % больше по сравнению с контролем и на 28,1 % по сравнению с опытной группой 2.

Заключение

Для увеличения прироста живой массы бычков черно-пестрой породы на заключительном этапе откорма, рекомендуем использовать в рационах грубый корм, двукратной обработки, способом механического давления, при котором разрушаются структуры клеточных оболочек, но сохраняются исходная длина волокон. Вышеуказанная обработка способствует увеличению поверхности кормовых масс в рубце, для размножения рубцовой микрофлоры и создания благоприятных условий для активизации пищеварительных процессов.

Список источников

1. Алиев, А.А. Метод фракционирования содержимого преджелудков на составные части / А.А. Алиев, М.Ш. Кафаров // Бюллетень Всероссийского научно-Исследовательского института физиологии, биохимии и питания с.- х. животных. – Боровск. – 1970. – В.5 (19). – С. 69-72. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009868774?ysclid=lbrozbrd9o986775841> под вопросом
2. Веселовский, Г.В. Использование в жи-

вотноводстве нетрадиционных кормовых добавок из отходов и побочных продуктов лесной, деревоперерабатывающей промышленности и сельского хозяйства / Диссер. докт. сельхоз. наук, 1998 г. – 426 стр. URL: https://freereferats.ru/product_info.php?products_id=243163&ysclid=lb10w9ey6428029995

3. Гребень Л.Г. Технологические приемы приготовления и скармливания кормов при беспривязном содержании молочного скота на долгонесменяемой соломенной подстилке / Л.Г. Гребень // Харьков. – 2015. 38 с. URL: https://xn----etbbralgsg1a5m.xn--p1ai/techno_articles/2016-03-22/struktura-korma-pri-smeshanom-kormlenii-ffektivnost?ysclid=lbriocq30391823620

4. Грушкин А., Шевелев Н. О морфофункциональных особенностях микробиоты рубца жвачных животных и роли целлюлозолитических бактерий в рубцовом пищеварении // Сельскохозяйственная биология. 2008. №2. С. 12-19. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10341999>

5. Джавадов, А.К. Способ получения рубцовой жидкости у жвачных / А.К. Джавадов, В.С. Еременко // Журнал Ветеринарная медицина Украины. Патент Украины № 28594 А от 16.10. 2000. – 1999. №1. – С.37.

6. Забарша Н.Н. Откорм мясных бычков на органическую говядину / Н.Н. Забарша, Е.Н. Головкин // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии 2017. – с.214 . URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29883288>

7. Калашников, А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А.П. Калашников, В.И. Фисина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – М. – 2003. – 456 с. URL: <https://zadocs.ru/biolog/15622/index.html>

8. Каширина Л.Г. Плющение зерна - эффективный способ повышения питательных веществ рациона / Л.Г. Каширина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2007. – № 4. – С. 60. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41267637>

9. Каширина, Л.Г. Влияние рационов с кукурузной мезгой на рубцовое пищеварение у коров / Л.Г. Каширина, С.А. Деникин, В.В. Яшина // В сборнике: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2019. – С. 136-141. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37257436&ysclid=lb10hkslab431762301>

10. Каширина, Л.Г. Плющение зерна - эффективный способ повышения переваримости питательных веществ рациона / Л.Г. Каширина, Н.Н., Гапеева, Д.В. Дубов // В сборнике: «Актуальные проблемы биологии в животноводстве». Материалы IV Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика РАХН Н.А. Шманенкова. – 2006. – С. 47-48. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41707959&pff=1>

11. Кондрахин И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагности-



ки. М.- 2004.- 520 с. URL: <https://bookree.org/reader?file=770148&pg=1>

12. Кононенко, С.И. Критерии производства органической говядины / С.И. Кононенко, Е.Н. Головкин, Н.Н. Забашта // Известия Горского государственного аграрного университета.-2015.-Т. 52. - № 3. - С. 68-72. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24102212>

13. Леванова В.П. Растительно-углеводный корм в животноводстве/В.П. Леванова, И.И. Корольков, В.В. Степанов // Тр. Северо-Зап. НИИСХ. Л., 1990. - С. 106-121.

14. Мухамедьянов М.М. Эффективное использование кормов.- Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, Кировское отд., 1990. 128 с.: ИЛ. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001567140?ysclid=lbqlqt12qf592386186>

15. Михайличенко Б.П. Корма по современным технологиям // Сельская жизнь. - 1997. №15 - С.49.

16. Погосян Д.Г., Чудайкин В.В. Распадае-

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Aliev, A.A. Metod frakcionirovaniya soderzhimogo predzheludkov na sostavnye chasti / A.A. Aliev, M.S.H. Kafarov//Byulleten' Vserossijskogo nauchno-Issledovatel'skogo instituta fiziologii, biohimii i pitaniya s.-h. zhivotnyh. – Borovsk.– 1970.– V.5 (19).– S. 69-72. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009868774?ysclid=lbrozbrd9o986775841podvoprosom>

2. Veselovskij, G.V. Ispol'zovanie v zhivotnovodstve netradicionnyh kormovyh dobavok iz othodov i pobochnyh produktov lesnoj, derevopererabatyvayushchej promyshlennosti i sel'skogo hozyajstva /Dissert. dokt. sel'hoz. nauk, 1998 g. - 426 str. URL: https://freereferats.ru/product_info.php?products_id=243163&ysclid=lb1ow9ey6428029995

3. Greben' L.G. Tekhnologicheskie priemy prigotovleniya i skarmlivaniya kormov pri besprivyaznom soderzhanii molochного skota na dolgonesmenyaemoj solomennой podstilke/L.G. Greben'//Har'kov.- 2015. 38 s. URL: https://xn---etbbalgsg1a5m.xn--p1ai/techno_articles/2016-03-22/struktura-korma-pri-smeshanom-kormlenii-ffektivnost?ysclid=lbpiocq30391823620

4. Grushkin A., Shevelev N. O morfofunkcional'nyh osobennostyah mikrobioty rubca zhvachnyh zhivotnyh i roli cellyulozoliticheskikh bakterij v rubcovom pishchevarenii// Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2008. №2. S. 12-19. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10341999>

5. Dzhavadov, A.K. Sposob polucheniya rubcовой zhidkosti u zhvachnyh/A.K. Dzhavadov, V.S. Eremenko// ZHurnal Veterinarnaya medicina Ukrainy. Patent Ukrainy № 28594 A ot 16.10. 2000.– 1999.№1. – S.37.

6. Zabarsha N.N. Otkorm myasnyh bychkov na organicheskuyu govyadinu/ N.N. Zabarsha, E.N. Golovko// Sbornik nauchnyh trudov Krasnodarskogo nauchnogo centra po zootekhnii i veterinarии 2017.- s.214 . URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29883288>

7. Kalashnikov, A.P. Normy i rationy kormleniya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh /A.P. Kalashnikov, V.I. Fisina, V.V. SHCHeglova, N.I. Klejmenova. – М. – 2003. – 456 s. URL: <https://zadocs.ru/biolog/15622/index.html>

8. Kashirina L.G. Plyushchenie zerna - effektivnyj sposob povysheniya pitatel'nyh veshchestv raciona / L.G. Kashirina // Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo. – 2007. –№ 4. – S. 60. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41267637>

9. Kashirina, L.G.Vliyanie racionov s kukuruznoj mezgoj na rubcovoe pishchevarenie u korov/L.G. Kashirina, S.A. Denikin, V.V. YAshina//V sbornike: Prioritetnye napravleniya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii. Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii. – 2019. – S. 136-141. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37257436&ysclid=lb0hkslab431762301>

10. Kashirina, L.G. Plyushchenie zerna - effektivnyj sposob povysheniya perevarimosti pitatel'nyh veshchestv raciona/L.G. Kashirina, N.N., Gapeeva, D.V.Dubov//V sbornike: «Aktual'nye problemy biologii v zhivotnovodstve». Materialy IV Mezhdunarodnoj konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika RASKHN N.A. SHmanenkova. –2006. –S. 47-48. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41707959&pff=>

Kondrakhin I.P. Metody veterinarnoy klinicheskoy laboratornoy diagnostiki. М.- 2004.- 520 s. URL: <https://bookree.org/reader?file=770148&pg=1>

мость протеина в рубце бычков при физических способах обработки кормов // Вестник Алтайского ГАУ. 2011. №6(80). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16346067>

17. Филиппова О.Б. Рубцовое пищеварение у коров при различном составе кормовой смеси/ О.Б. Филиппова, Е.И. Кийко, Н.И. Маслова / Техника и технологии в животноводстве, 2017.- №4 (28), С. 35-39. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30724570&ysclid=lbqzm9rsf9528833424>

18. Lydia G. Kashirina, Konstantin A. Ivanishchev and Kirill I. Romanov the quality of dairy products made from the milk of cows consuming vitamin-containing preparations. Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia. BIO Web Conf. Volume 17, 2020. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44077962&ysclid=lbqziz15f7291587285>



12. Kononenko, S.I. Kriterii proizvodstva organicheskoy govyadiny / S.I. Kononenko, E.N. Golovko, N.N. Zabashta // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.-2015.-T. 52. - № 3. - S. 68-72. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24102212>
13. Levanova V.P. Rastitel'no-uglevodnyj korm v zhivotnovodstve/V.P. Levanova, I.I. Korol'kov, V.V. Stepanov // Tr. Severo-Zap. NIISKH. L., 1990. - S. 106-121.
14. Muhamedyanov M.M. Effektivnoe ispol'zovanie kormov.- Kirov: Volgo-Vyatskoe kn. izd-vo, Kirovskoe otd., 1990. 128 s.: IL. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001567140?ysclid=lbqlqt12qf592386186>
15. Mihajlichenko B.P. Korma po sovremennym tekhnologiyam // Sel'skaya zhizn'. - 1997. №15 – S.49.
16. Pogosyan D.G., CHudajkin V.V. Raspadaemost' proteina v rubce bychkov pri fizicheskikh sposobah obrabotki kormov//Vestnik Altajskogo GAU. 2011. №6(80). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16346067>
17. Filippova O.B. Rubcovoe pishchevarenie u korov pri razlichnom sostave kormovoj smesi/O.B. Filippova, E.I. Kijko, N.I. Maslova / Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve, 2017.- №4 (28), S. 35-39. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30724570&ysclid=lbqzm9rsf9528833424>
18. Lydia G. Kashirina, Konstantin A. Ivanishchev and Kirill I. Romanov the quality of dairy products made from the milk of cows consuming vitamin-containing preparations. Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia. BIO Web Conf. Volume 17, 2020. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44077962&ysclid=lbqziz15f7291587285>

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

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

Павлова Людмила Алексеевна, преподаватель отделения СПО ФДП и СПО, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ludmila.kuzmenko@yandex.ru

Author Information

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

Pavlova Lyudmila A., teacher of college, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, ludmila.kuzmenko@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 18.10.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 18.11.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





Вестник РГТУ, 2022, т.14, №4, с. 27-32
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 27-32

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.082.1
DOI: 10.36508/RSATU.2022.47.75.005

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА МОЛОКА ПО РАЗНЫМ ДОИЛЬНЫМ ЗАЛАМ

Мария Викторовна Леонова¹, Нина Ивановна Морозова² ✉

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

¹ marialeonova395@gmail.com

² n.morozova53@yandex.ru

Аннотация.

В статье показаны уровень молочной продуктивности и химические показатели качества молока коров чёрно-пёстрой голштинской породы в условиях ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. Квалифицированными специалистами предприятия создано высокопродуктивное стадо коров. При исследовании была изучена молочная продуктивность коров за первую лактацию в зависимости от доильных залов («Ёлочка» и «Карусель»). Данные среднегодового удоя молока коров с доением в доильном зале «Карусель» были выше на 1672 кг, чем среднегодовой удой молока коров с доением в доильном зале «Ёлочка». Был изучен также химический состав молока, полученного в разных доильных залах. При изучении химического состава молока в опытных группах влияния не было замечено, разница незначительная.

Проблема и цель. Изучить молочную продуктивность и качество молока в зависимости от доения в разных доильных залах.

Методология. Объекты исследования – коровы чёрно-пёстрой голштинской породы. Учёт молочной продуктивности происходил по системам «Dairy Plan» C21, «Dairy Comp 305». Качество молока оценивалось по химическим показателям, определённым на анализаторе молока Ekomilk Total.

Результаты. Удой опытных групп коров чёрно-пёстрой голштинской породы на ООО «Авангард» Рязанского района за 305 дней первой лактации по результатам 2021 года в доильном зале «Карусель» составила 9113 кг, а в доильном зале «Ёлочка» – 7441 кг. Химические показатели молока у I-й опытной группы (зал «Ёлочка»): сухое вещество – 12,27 %, массовая доля СОМО – 8,2 %, массовая доля жира – 3,87 % и массовая доля белка 3,24 %, а у II-й опытной группы – 12,32 %, 8,52 %, 3,8 % и 3,21 % соответственно.

Заключение. Удой молока за первую лактацию чёрно-пёстрого скота голштинской породы выше при доении в доильном зале «Карусель» по сравнению с доением в доильном зале «Ёлочка» на 22,4 % или на 1672 кг, а полученное в этих доильных залах молоко незначительно отличается друг от друга по химическим показателям.

Ключевые слова: продуктивность, качество молока, удой, чёрно-пёстрая голштинская порода

Для цитирования: Леонова М.В., Морозова Н.И. Сравнительная характеристика молочной продуктивности и качества молока по разным доильным залам // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С27-32 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.47.75.005>

AGRICULTURAL SCIENCES

Original article

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF MILK PRODUCTIVITY AND MILK QUALITY IN DIFFERENT MILKING PARLORS

Maria V. Leonova¹, Nina I. Morozova² ✉

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

¹ marialeonova395@gmail.com

² n.morozova53@yandex.ru

**Abstract.**

The article shows the level of milk productivity and physical and chemical indicators of the quality of milk of cows of the Black-and-White Holstein breed in the conditions of Avangard LLC, Ryazan district of the Ryazan region. Highly qualified specialists of the enterprise created a highly productive herd of cows. During the study, the milk productivity of cows for the first lactation was studied, depending on the milking parlors ("Herringbone" and "Carousel"). Data on the average annual milk yield of cows milked in the Karusel parlor was 1672 kg higher than the average annual milk yield of cows milked in the Yolochka parlour. And also the chemical composition of milk obtained in different milking parlors was studied. When studying the chemical composition of milk in the experimental groups, no influence was noticed. The difference in the experimental groups is insignificant.

Problem and purpose. To study milk production and milk quality depending on different parlors

Methodology. The objects of study are cows of the Black-and-White Holstein breed. Accounting for milk productivity was carried out according to the Dairy Plan C21, Dairy Comp 305 systems. The quality of milk was assessed by physical and chemical parameters determined on the Ekomilk Total milk analyzer.

Results. According to the results of 2021, the milk yield of experimental groups of cows of the Black-and-White Holstein breed at Avangard Ryazansky District LLC for 305 days of the first lactation in the Karusel milking parlor was 9113 kg, and in the Yolochka milking parlor - 7441 kg. Chemical parameters of milk in the I experimental group: dry matter -12.27%, mass fraction of SOMO -8.2%, mass fraction of fat 3.87% and mass fraction of protein 3.24%, and in the II experimental group - 12.32%, 8, 52%, 3.8% and 3.21% respectively.

Conclusion. The milk yield for the first lactation of Holstein black-and-white cattle is higher when milking in the Karusel milking parlor compared to milking in the Yolochka milking parlor by 22.4% or by 1672 kg, and the milk obtained from these milking parlors slightly differs from each other. from each other in terms of physical and chemical parameters.

Key words: productivity, milk quality, milk yield, black-and-white Holstein breed

For citation: Leonova M.V., Morozova N.I. Comparative characteristics of milk productivity and milk quality in different milking parlors // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnical University named after P.A. Kostychev. 2022. T14, No.4. With P 27-32 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.47.75.005>

Введение

Скотоводство остаётся одной из первостепенно важных отраслей животноводства России и всего мира, отвечающих за обеспечение производства высокоценных и безопасных пищевых продуктов. Увеличение объёмов производимого молока, мяса и, главное, сырья для пищевой промышленности является главной задачей всего агропромышленного комплекса.

Научными исследованиями давно доказано, что молочная продуктивность дойного стада создаётся за счёт сбалансированного по всем питательным веществам и полноценного кормления (50-60 %), успешности селекционной работы (20-25 %), условий содержания и технологии доения (20-25 %) [1,2].

Исследование воздействия автоматизированного доения на молочную продуктивность и качество молока остаётся в современном производстве довольно актуальным.

Цель исследований заключается в сравнении молочной продуктивности, а также химического состава молока коров чёрно-пёстрой голштинской породы по первой лактации на разных доильных залах («Карусель» и «Ёлочка») на молочных комплексах животноводческого предприятия ООО Авангард, расположенном в деревне Хирино Рязанского района Рязанской области.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований выбраны 2 опытные группы коров чёрно-пёстрой голштинской породы. Подопытным животным были созданы одинаковые условия при проведении исследований. Для устранения неконтролируемых факторов были учтены следующие требования: одинаковый план кормления сбалансированным рационом и кормо-

выми смесями, трёхкратное доение. Предметом исследования стали два доильных зала: «Карусель» и «Ёлочка» [3,4].

Учёт молочной продуктивности происходил по системам «Dairy Plan» C21, «Dairy Comp 305». Основным материалом послужили данные зоотехнического и племенного учёта, отобранные образцы сырого молока. Качество молока оценивалось в условиях кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Рязанского агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Физико-химические показатели молока определены на анализаторе молока Ekomilk Total.

Результаты исследований

ООО «Авангард» Рязанского района – ультра-современное агропромышленное производство, которое занимается производством целого спектра сельскохозяйственной продукции (молока, мяса, зерна, овощей, фруктов и т.д.). Молочное производство занимает ведущую отрасль в данном хозяйстве. В отделении Хирино два комплекса по 400 голов каждый (доильный зал «Ёлочка» на 24 и на 28 мест) и животноводческий комплекс на 1200 голов (доильный зал «Карусель» на 36 мест). Животноводческие дворы оснащены индивидуальными стойлами, кормовыми столами, навозными проходами и групповыми поилками с подогревом. Коровы не ограничены ни в кормах, ни в употреблении воды, не ограничены в местах отдыха. Доение высокопродуктивных и новотельных коров трехкратное [2,4,5].

Исследования проводились в доильном зале №1 и №3 (рисунки 1 и 2).

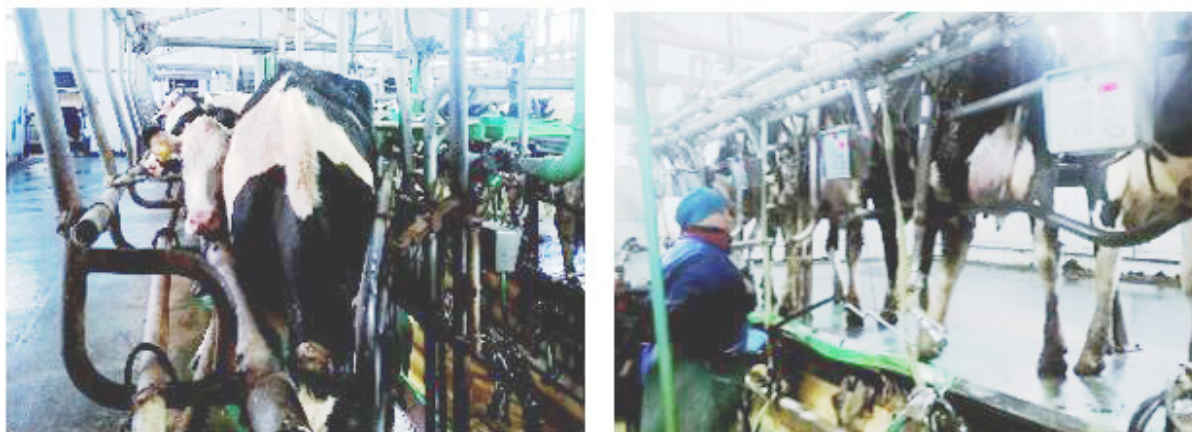


Рис. 1 – Доильный зал №1 («Ёлочка»)
(Fig. 1– Milking parlor No. 1 ("Herringbone"))

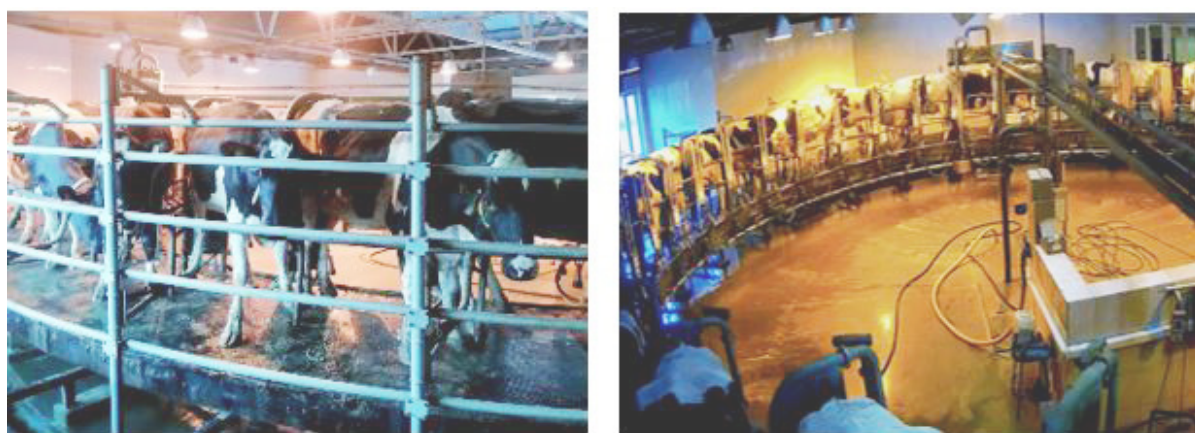


Рис. 2 – Доильный зал №3 («Карусель»)
(Fig. 2– Milking parlor No. 3 ("Carousel"))

Технология доения на них одинаковая, как и применяемые аппараты. Система автоматических ворот впускает и выпускает животных, держит внутри необходимое для полной дойки время. Схожие по молочности животные группами проходят в зал, занимая отдельные боксы, в которых фиксируются. Каждый зал обслуживают 2 доярки. Одна прикрепляет к вымени коровы доильный аппарат, запускает программу доения; после окончания сбора молока аппарат автоматически отсоединяется благодаря специальной программе чувствительности. Далее животное покидает бокс.

Различия в залах заключаются лишь в распо-

ложении коров по доильному залу. Доильный зал «Карусель» представляет собой вращающуюся платформу с размещёнными под углом на ней 36 доильными стойлами с наружной стороны и операторами внутри (рис.3). Сама по себе платформа занимает меньше места, гарантирует непрерывный процесс доения с центром управления Dairy Plan, который создаёт поточность производства молока. Каждое доильное место обеспечено инфракрасной антенной, позволяющей провести идентификацию животного. Автоматическая регистрация надоя происходит с помощью счётчика – Metatron.

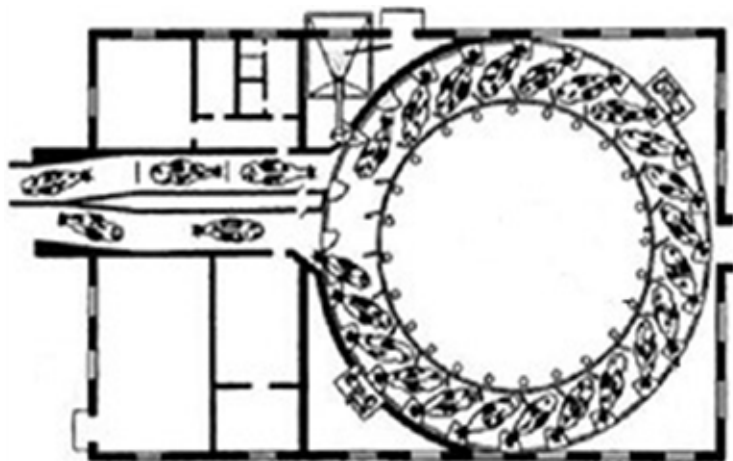


Рис. 3 – Схема доильного зала
«Карусель»
(Fig.3 – Scheme of the milking
parlor "Carousel")



Доильный зал «Ёлочка» имеет параллельное расположение стойл под углом по обе стороны от центральной площадки, где располагаются операторы доения (рис. 4). Зал представляет собой металло-бетонную конструкцию, имеет доильные

аппараты с компьютерным управлением, систему молокопроводов и систему вакуума. Животные также идентифицируются системой считывания ошейников

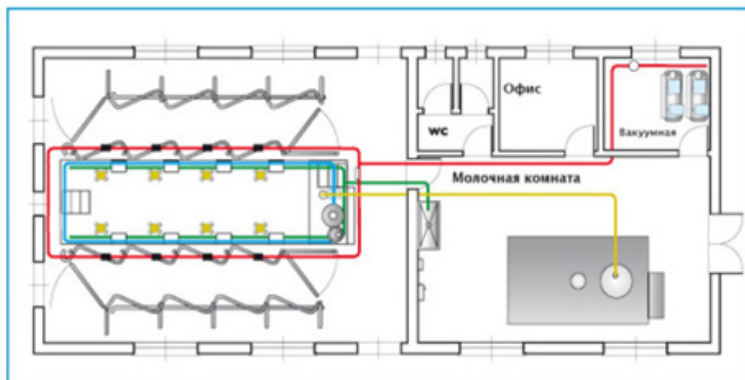


Рис. 4 – Схема доильного зала «Ёлочка»
(Fig. 4 – Scheme of the milking parlor "Yolochka")

Основные характеристики производства молока в ООО «Авангард» отражены в таблице.

Таблица – Основные характеристики производства молока на предприятии

Классификация	ООО Авангард	
	Современный комплекс на 1200 голов	Реконструированный комплекс на 400 голов
Способ содержания	Беспривязно-бوكсовый	
Содержание	В стойлах	
Кормление	Корма собственного производства вместе с минерально-витаминными добавками, раздаются на кормовой стол с помощью кормораздатчика	
Поение	Групповые поилки с электрическим подогревом	
Пол	Кирпичный + маты с рифленой поверхностью	
Доение	трехкратное	
Доильное оборудование	Доильный зал №1 «Ёлочка», доильные аппараты фирмы GEA Westfalia	Доильный зал №3 «Карусель», доильные аппараты фирмы GEA Westfalia
Вентиляция	Световентиляционный конек, принудительная вентиляция	
Навозоудаление	трактор	дельта-скрепер

Нами были изучены молочная продуктивность коров чёрно-пёстрой голштинской породы и химический состав молока этих же коров за 2021 год. Молочная продуктивность коров за 305 дней лактации и состав молока в зависимости от технологии доения представлены на рисунках 5 и 6 [5,6,7] По нашим исследованиям наблюдается,

что используемое доильное оборудование оказывает влияние на уровень молочной продуктивности, которая выше на 22,4 % или на 1672 кг во II-й опытной группе с доильным оборудованием «Карусель» по сравнению с I-й опытной группой.

Химический состав молока опытных групп представлен на рисунке 6.

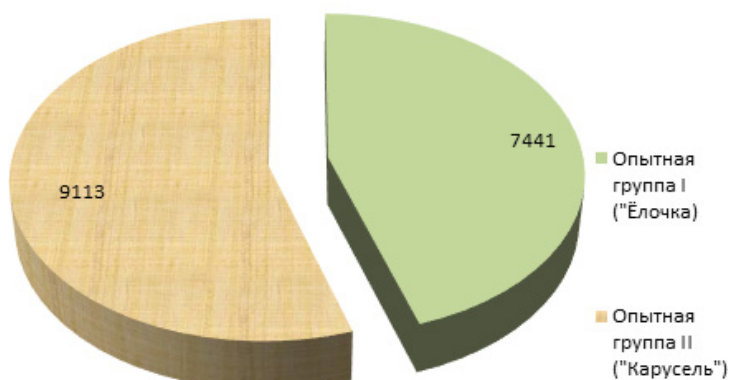


Рис. 5 – Удой коров за 305 дней первой лактации по результатам 2021 года, кг.
(Fig. 5 – Milk yield of cows for 305 days of the first lactation based on the results of 2021, kg.)

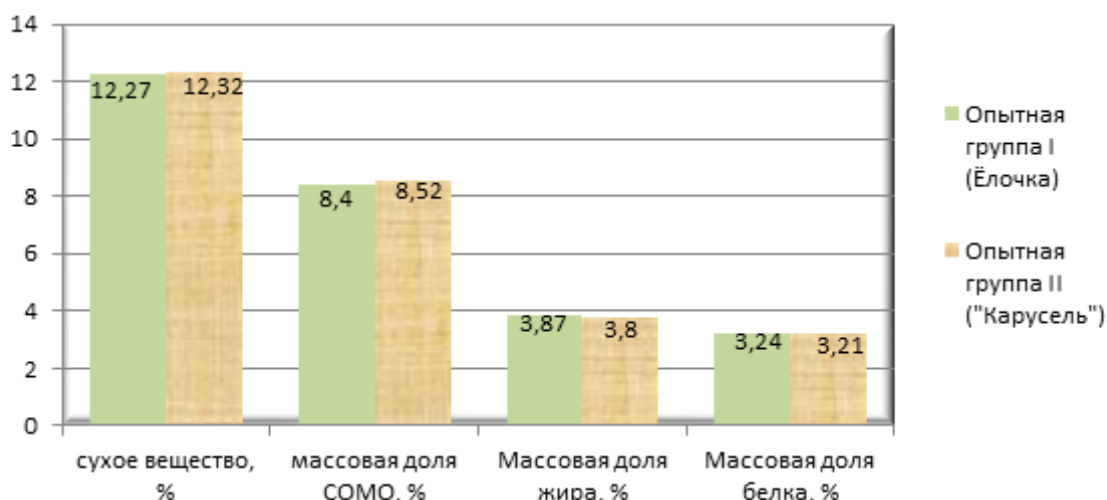


Рис. 6 – Химический состав молока, %
(Fig .6 – Chemical composition of milk, %)

При изучении химического состава молока в опытных группах влияния условий доения не было замечено, разница незначительная. Наивысшее содержание жира и белка наблюдалось в I-й опытной группе (доильный зал «Ёлочка»), а вот наивысшее значение СОМО и сухих веществ – во I-й опытной группе («Карусель»).

Технический регламент Таможенного союза. О безопасности молока и молочной продукции ТР ТС 033/2013 регламентирует такой показатель молока как сухой обезжиренный остаток, он должен быть не ниже 8,2 %. Именно по его величине судят о натуральности сырого молока. В наших исследованиях этот показатель составляет 8,4 % и 8,52 % в I-й и во II-й опытных группах соответственно.

Заключение

Сравнение двух опытных групп показывает:

- удой молока за первую лактацию чёрно-пёстрого скота голштинской породы выше при доении в доильном зале «Карусель» по сравнению с доением в доильном зале «Ёлочка» на 22,4 % или на 1672 кг;
- качество молока коров данных групп незначительно отличается друг от друга.

Полученные нами в проведённом исследовании данные показывают, что, даже при довольно высокой молочной продуктивности коров чёрно-пёстрой голштинской породы в данном хозяйстве, имеют место большие расхождения в удоях коров при доении в разных доильных залах.

Список источников

1. Лоретц О. Г. Влияние роботизации доения на эффективность производства молока на промышленном комплексе / О.Г. Лоретц, О. В. Горелик, С. Ю. Харлап, О. П. Неверова, Я. С.

Павлова – Текст // Вестник биотехнологии. 2019. №2 (19). С. 9.

2. Морозова Н.И. Технология доения коров в системе VMS добровольного доения роботом / Н.И. Морозова, Р.З. Садилов, О. В. Жарикова - Текст // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. №4 (32). С. 37-40.

3. Горелик О. В. Молочная продуктивность коров голштинских линий чёрно-пёстрых коров скота / О.В. Горелик, Н. А. Федосеева, И. В. Кныш - Текст // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. №3 (56). С. 99-105.

4. Киселева, Е. В. Качество молока коров на современном этапе развития молочного скотоводства в ООО «Авангард» Рязанской области / Е. В. Киселева, К. А. Герцева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 6.5 (110.5). — С. 78-79.

5. Andrea P., Donato C., Francesco M., Luigi S. Estimating efficiency in automatic milking systems // Journal of Engineering for rural development. Jelgava. 2017. Vol. 16. Pp. 736–741.

6. Назарова К.П. Молочная продуктивность и воспроизводительные показатели коров чёрно-пёстрой породы в зависимости от технологии получения молока / К.П. Г. Ю. Назарова, Березкина - Текст // Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2021. №1 (204). С.51-58.

7. Tangorra F. M., Zaninelli M. Effect of robotic and conventional milking on milk yield and milk composition of primiparous cows // Physiological and Technical Aspects of Machine Milking: materials of the conference. Nitra, Slovakia, 2005. Pp. 301–302.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



References

1. Lyuretc O. G. Vliyanie robotizatsii doeniya na effektivnost' proizvodstva moloka na promyshlennom komplekse / O.G. Lyuretc, O. V. Gorelik, S. YU. Harlpa, O. P. Neverova, YA. S. Pavlova – Tekst // Vestnik biotekhnologii. 2019. №2 (19). S. 9.
2. Morozova N.I. Tekhnologiya doeniya korov v sisteme VMS dobrovol'nogo doeniya robotom / N.I. Morozova, R.Z. Sadikov, O. V. ZHarikova - Tekst // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2016. №4 (32). S. 37-40.
3. Gorelik O. V. Molochnaya produktivnost' korov golshtinskih linij chyorno-pyostryh korov skota / O.V. Gorelik, N. A. Fedoseeva, I. V. Knysh - Tekst // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo univeersiteta. 2019. №3 (56). S. 99-105.
4. Kiseleva, E. V. Kachestvo moloka korov na sovremennom etape razvitiya molochnogo skotovodstva v ООО «Авангард» Ryazanskoj oblasti / E. V. Kiseleva, K. A. Gerceva. — Tekst: neposredstvennyj // Molodoj uchenyj. — 2016. — № 6.5 (110.5). — S. 78-79.
5. Andrea P., Donato C., Francesco M., Luigi S. Estimating efficiency in avtomatic milking systems // Journal of Engineering for rural development. Jelgava. 2017. Vol. 16. Pp. 736–741.
6. Nazarova K.P. Molochnaya produktivnost' i vosproizvoditel'nye pokazateli korov chyorno-pyostroj porody v zavisimosti ot tekhnologii poluchaemogo moloka / K.P. G. YU. Nazarova, Berezkina - Tekst // Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya. 2021. №1 (204). S.51-58.
7. Tangorra F. M., Zaninelli M. Effect of robotic and conventional milking on milk yield and milk composition of primiparous cows // Physiological and Technical Aspects of Machine Milking: materials of the conference. Nitra, Slovakia, 2005. Pp. 301–302.

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

Леонова Мария Викторовна, аспирант ФГБОУ ВО Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, marialeonova395@gmail.com

Морозова Нина Ивановна, д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой производства и переработки сельскохозяйственной продукции животноводства ФГБОУ ВО Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, n.morozova53@yandex.ru

Author Information

Leonova Maria V., post-graduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, marialeonova395@gmail.com

Morozova Nina I. Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Production and Processing of Agricultural Livestock Products, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, n.morozova53@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 16.11.2022; одобрена после рецензирования 07.12.2022. .; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 07.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





Вестник РГТУ, 2022, т.14, №4, с. 33-40
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 33-40

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.416
DOI: 10.36508/RSATU.2022.35.33.006

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОНОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПОЧВЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Артём Андреевич Павлов¹✉, Юрий Анатольевич Мажайский²

^{1,2} Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, Российская федерация, Рязань, Россия

¹kupoz@mail.ru
²director@mntc.pro

Аннотация.

Проблема и цель. Рязанская область испытывает большую техногенную нагрузку. Тяжелые металлы поступают в почву, растения. Интенсивность и разнородность по составу определяются характером и спецификой источника загрязнения. Единый фон загрязнения тяжелыми металлами для средней полосы России не отражает пестроты загрязнения и является недостаточным. Цель исследования – дифференциация элементов по генетическим горизонтам почв и определение фоновое содержания элементов для использования при научно-методическом обосновании природоподобных технологий восстановления плодородия, повышения продуктивности деградированных земель.

Методология. Заложены профильные разрезы серой лесной почвы в Рязанской области и определены концентрации элементов по почвенным горизонтам по методике выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. По результатам определены и предложены расчетные фоновые значения.

Результаты. Показано распределение и аккумуляция двенадцати элементов по почвенным горизонтам. Предложена фоновая концентрация элементов в серой лесной почве. Проведен сравнительный анализ полученных фоновых значений с фоновыми значениями почв мира и концентраций для средней полосы России.

Заключение. Полученные значения фоновых концентраций могут использоваться в целях определения существующей загрязненности почвы в результате антропогенной деятельности, учитываться при обосновании комплексных мелиораций, в том числе научно-методическом обосновании восстановления плодородия и повышения продуктивности деградированных, мелиорированных почв с применением природоподобных технологий при сбалансированном природопользовании.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почвенный профиль, почвообразующая порода, природоподобные технологии, комплексные мелиорации

Для цитирования: Павлов А.А., Мажайский Ю.А. Определение фоновых концентраций почвенных элементов в серой лесной почве Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С 33-40 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.35.33.006>

AGRICULTURAL SCIENCES

Original article

**DETERMINATION OF BACKGROUND CONCENTRATIONS OF SOIL ELEMENTS IN GRAY FOREST
SOIL OF THE RYAZAN REGION**

Artem A. Pavlov¹✉, Yuri A. Mazhaysky²

^{1,2} Meshchersky Branch of the A.N. Kostyakov VNIIGiM, Russian Federation, Ryazan

¹ kupoz@mail.ru
²director@mntc.pro

Abstract.

Problem and purpose. The Ryazan region is experiencing a large technogenic load. Heavy metals enter the soil, plants. The intensity and heterogeneity in composition determines the nature and specificity of the

© Павлов А.А., Мажайский Ю.А., 2022 г.



source of pollution. A single background of heavy metal pollution for the middle part of Russia does not reflect the diversity of pollution and is insufficient. The aim of the study is to differentiate elements according to the genetic horizons of soils and determine the background content of elements, for use in the scientific and methodological justification of nature-like technologies for restoring fertility, increasing the productivity of degraded lands.

Methodology. Profile sections of gray forest soil in the Ryazan region were laid and the concentrations of elements on soil horizons were determined by the method of measuring the mass fraction of elements in soil samples, using atomic emission and atomic absorption spectrometry. Based on the results, calculated background values are determined and proposed.

Results. The distribution and accumulation of twelve elements over soil horizons is shown. The background concentration of elements in gray forest soil is proposed. A comparative analysis of the obtained background values with the background values of the soils of the world and concentrations for the middle zone of Russia is carried out.

Conclusion. The obtained values of background concentrations can be used to determine the existing soil contamination because of anthropogenic activities, taken into account when justifying complex land reclamation, including scientific and methodological justification for restoring fertility and increasing productivity of degraded, reclaimed soils using nature-like technologies with balanced nature management.

Key words: heavy metals, soil profile, soil-forming rock, nature-like technologies, complex land reclamation.

For citation: Pavlov A.A., Mazhaysky Yu.A. Determination of background concentrations of soil elements in gray forest soil of the Ryazan region. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; 14(4). P 33-40 (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.35.33.006>

Введение

Почвенный покров Рязанской области испытывает большую техногенную нагрузку. Большое количество опасных тяжелых металлов поступает в почву и растения. Снижает способность почвенной среды противостоять техногенной нагрузке острый дефицит вносимых органических удобрений, которые поддерживают структуру почвы и плодородие [1,2].

Источники загрязнения почвенной среды могут быть антропогенными и природными. [3,4]. Например, выбросы промышленных предприятий в Рязанской области, которых на рассматриваемой территории насчитывается более ста, а также автотранспорт [5-7]. Из них главными загрязнителями являются предприятия теплоэнергетики, среди которых можно выделить Рязанскую ГРЭС, ГРЭС-24, ТЭЦ Ново-Рязанская и Дягилевская. По данным государственной статистической отчетности за 2020 год на территории Рязанской области предприятиями было выброшено 76,196 тыс. тонн загрязняющих веществ, среди которых присутствуют специфические поллютанты: кадмий, ртуть, свинец, мышьяк, медь, хром, кадмий, никель, марганец [8]. Основная масса осаждается в почву с атмосферными осадками. На пойменных почвах тяжелые металлы поступают на рельеф с паводковыми седиментами [9,10]. Значительная их часть внедряется в почвообразовательный процесс, а также поглощается растительностью и выносится с поверхностным и грунтовым стоком [11]. В результате образуются техногенные геохимические аномалии, характеризующиеся быстрым распространением концентрации загрязняющих веществ от источника загрязнения по прилегающему ландшафту [12-19].

Полученные данные позволяют охарактеризовать существующую загрязненность почвы в результате антропогенной деятельности, а также войдут в теоретическую часть обоснования комплексных мелиораций, в том числе научно-методическое обоснование восстановления пло-

дородия и повышения продуктивности деградированных, мелиорированных почв с применением природоподобных технологий при сбалансированном природопользовании.

Согласно СанПин 1.2.3685-21 на сегодняшний день определены предельно допустимые концентрации и ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве, согласно СП 11-102-97, СП 502.1325800.2021 установлены ориентировочные значения фоновых концентраций валовых форм химических элементов в почве для средней полосы России по типам почв. Однако значений геохимического регионального фона содержания элементов в почвенных горизонтах, расположенных выше материнских пород, нет.

В этой связи появляется необходимость в исследовании по систематизации содержания тяжелых металлов в почве Рязанской области, в том числе и их фоновом содержании.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований являются серые лесные почвы, которые на начало 2021 года занимают 32 % от общей площади сельскохозяйственных угодий в Рязанской области. В целях изучения распределения элементов по почвенному профилю серых лесных почв были заложены четыре почвенных разреза до глубины 1,5 м. Почвенные образцы были отобраны из каждого разреза по интервалам 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,5; 0,5-0,7; 0,7-0,9; 0,9-1,1; 1,1-1,3; 1,3-1,5 м. При анализе почвенных образцов было уделено внимание наиболее важным веществам, которые выбрасываются в атмосферу промышленными предприятиями. Наиболее опасные из них: цинк, свинец, кадмий – относящиеся к 1-му классу опасности; медь, хром, кобальт, никель, бор – ко 2-му классу опасности; марганец, ванадий – к 3-му классу опасности.

Результаты исследования

Содержание валовых форм элементов в исследуемых интервалах колебалось в следующих пределах: Zn (31,3-68,2 мг/кг), Cu (19,9-37,3), Pb (11,6-15,6), Cd (0,1-0,2), Cr (46,2-66,6), Co (7,4-

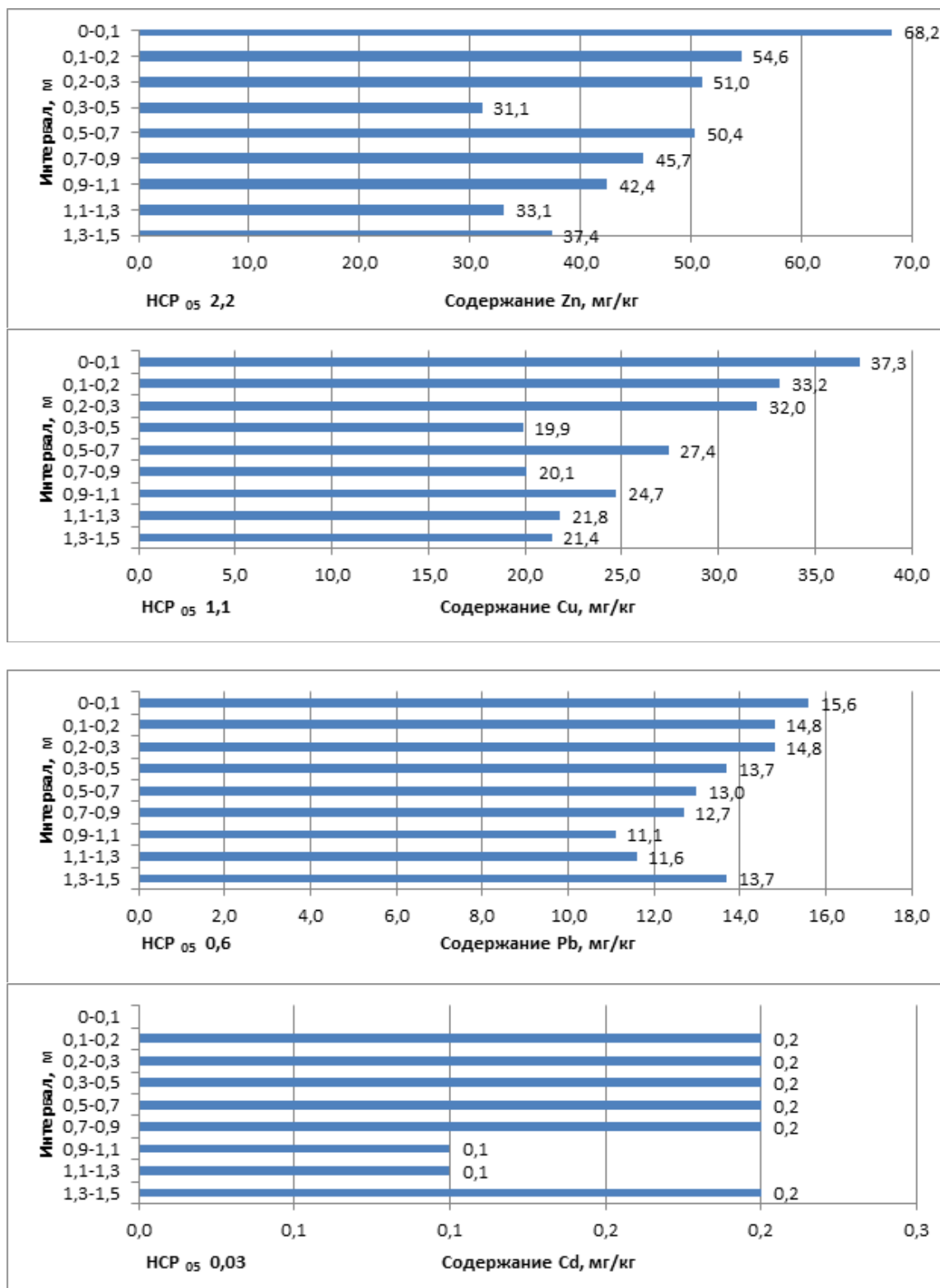


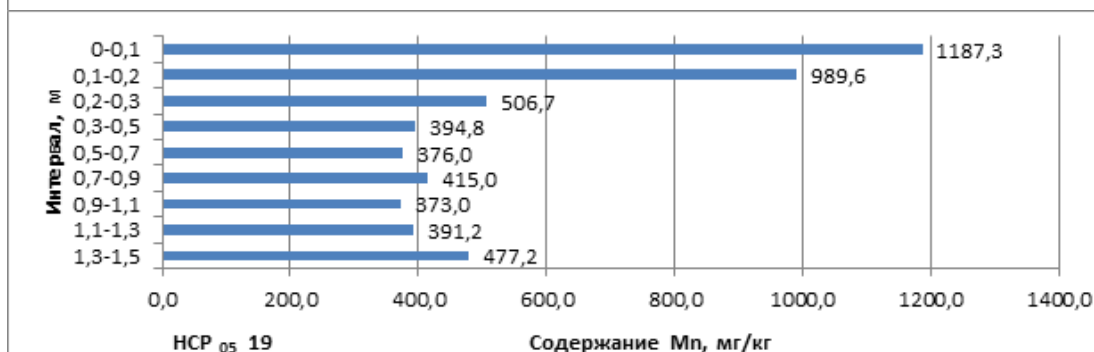
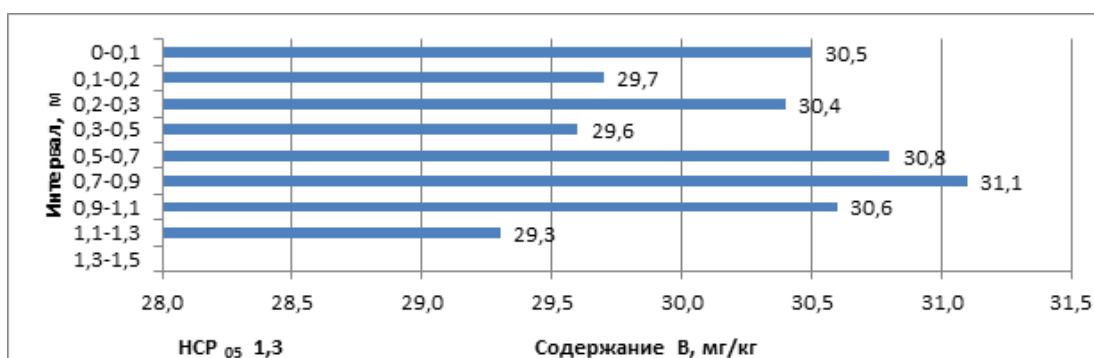
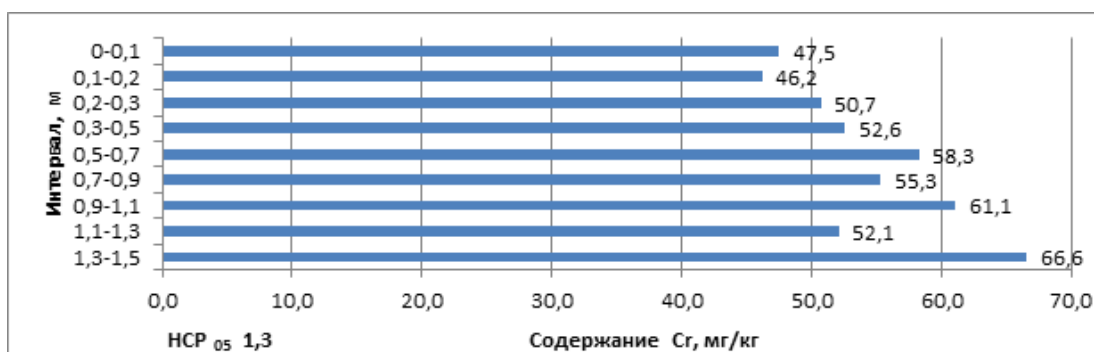
9,8), В (29,3-30,8), Мп (373,0-1187,3), V (79,2-112,6), Ni (13,2-23,9), Sn (2,0-2,8), Мо (0,5-0,9 мг/кг).

Наибольшая аккумуляция в поверхностном слое почвы установлена для веществ Zn, Pb, Cd –относящихся к 1-му классу опасности, Cu – относящемуся ко 2-му классу опасности и Мп – относящемуся к 3-му классу опасности. Для ряда других веществ установлено максимальное накопление в самом нижнем из исследуемых интервалов (иллювиальном горизонте) – Cr, Ni – 2-го класса опасно-

сти, V – 3-го класса опасности и Мо.

Анализ аккумуляции веществ по почвенному профилю 0-1,6 м до материнской породы проведен относительно разницы содержания элементов в поверхностном слое почвы 0-0,1 м. При этом аккумуляция веществ в основном приходилась на поверхностный слой почвы по всем элементам, кроме Co, B, Sn. Результаты распределения содержания элементов по интервалам всего почвенного профиля представлены на рисунке.





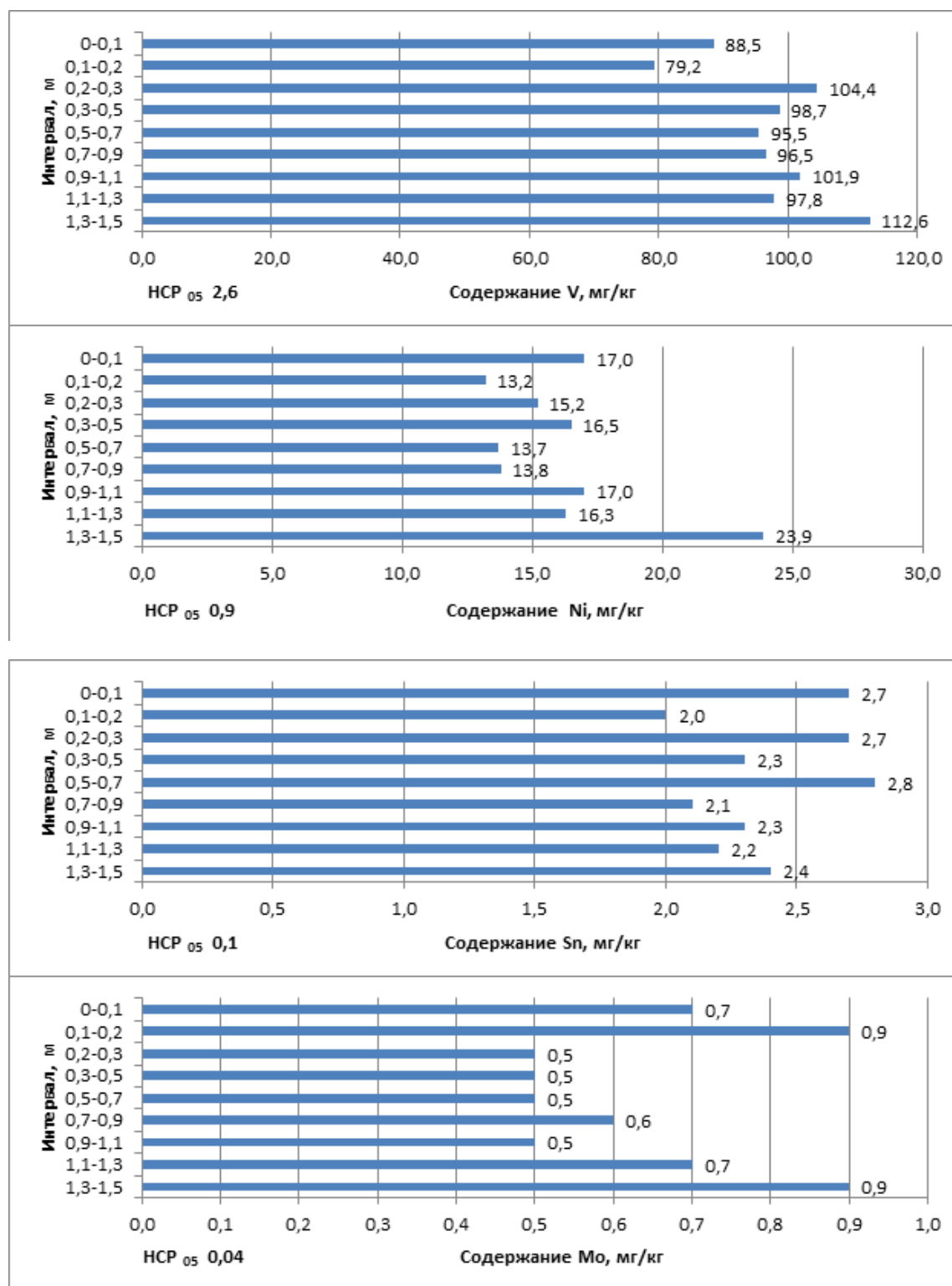


Рис. – Аккумуляция элементов по почвенному профилю
(Fig. – Accumulation of elements along the soil profile)

Наименьшая концентрация Zn, Cu отмечена в элювиальном горизонте в интервале 0,4-0,6 м со снижением на 37,08 мг/кг и 17,4 мг/кг соответственно. Концентрация Pb снижается на 4,46 мг/кг в иллювиальном горизонте в интервале 1,0-1,2 м, а Cd снижается на 0,8 мг/кг в интервале 1,0-1,4 м. Снижение Cr в элювиаль-

ном горизонте установлено в интервале 0,1-0,2 м на 1,3 мг/кг. Концентрация Co снижается в иллювиальном горизонте в интервале 1,0-1,2 м на 2,02 мг/кг. Концентрация В снижается в иллювиальном горизонте в интервале 1,2-1,4 м на 1,18 мг/кг. Концентрация Mn с наибольшим снижением установлена в интервалах



0,6-0,8 м и 1,0-1,2 м со снижением на 811,3 – 814,4 мг/кг. Снижение V, Ni, Sn установлено в элювиальном горизонте в интервале 0,1-0,2 м на 9,34 мг/кг, 3,83 и 0,77 мг/кг. Снижение концентраций Mo в нескольких интервалах в элювиальном и иллювиальных горизонтах 0,2-0,4 м, 0,6-0,8 м, 1,0-1,2 м на 0,2 мг/кг.

Повышается концентрация Co в элювиальном горизонте в интервале 0,2-0,4 м на 0,37 мг/кг. Концентрация B повышается в интервале 0,8-1,0 м на 0,6 мг/кг. Концентрация Sn повышается в интерва-

ле 0,6-0,8 м на 0,02 мг/кг.

При сравнении значений элементов в исследуемых почвах с почвами мира по Виноградову выявлены превышения различия в большую сторону первых. В серой лесной почве содержание Zn выше в интервалах 0-0,4; 0,6-0,8 м; по Cu содержание выше во всех интервалах, кроме 0,4-0,6 м; по Co содержание выше в интервалах 0-0,1; 0,2-1,0; 1,2-1,6 м; по Mn содержание выше в интервалах 0-0,2 м, по V содержание выше в интервалах 0,2-0,4; 1,0-1,2; 1,4-1,6 м (табл.).

Таблица – Усредненные значения содержания элементов в серой лесной почве Рязанской области, мг/кг.

№п/п	Элемент	Расчетный фон	Фоновые концентрации по СП 502.1325800.2021, прил. Д.	Почвы мира [10]	Почвы мира по Виноградову [11]
1	Zn	46 ± 11	60	70	50
2	Cu	27 ± 8	18	25	20
3	Pb	14 ± 5	16	17	-
4	Cd	0,18 ± 0,03	0,20	0,3	-
5	Cr	55 ± 6	-	80	70
6	Co	9 ± 2	12	10	8
7	B	27 ± 9	-	-	-
8	Mn	568 ± 62	-	530	850
9	V	97 ± 16	-	90	100
10	Ni	16 ± 3	35	20	40
11	Sn	2,4 ± 0,5	-	-	-
12	Mo	0,7 ± 0,1	-	1,2	2

Согласно ориентировочным значениям фоновых концентраций валовых форм химических элементов в почве для средней полосы России (СП 502.1325800.2021) исследуемые почвы выше фона по Zn, Cd в интервале 0-0,1 м, Cu по всем интервалам. При этом, если проводить сравнение средних значений по всему почвенному профилю исследуемых почв, то содержание Zn, Cd находится в пределах значений данного фона.

Заключение

Серые лесные почвы занимают большие территории в Рязанской области и подвергаются всестороннему загрязнению широким спектром поллютантов различного происхождения вследствие большой техногенной нагрузки, оказываемой промышленностью и агрохимическими мелиорациями на сельскохозяйственных угодьях. Ввиду изменяющихся промышленных, сельскохозяйственных технологий и климатических условий происходят изменения динамики загрязнения агроландшафтов. В таких условиях появляется необходимость решать задачи по определению существующей загрязненности почвы при планировании природопользования, для чего необходимы уточненные фоновые концентрации содержания элементов в почве на региональном уровне.

Список источников

1. Захарова, О. А. Усвоение тяжелых метал-

лов сельскохозяйственными культурами и возможность при уровне загрязнения $z=16-32$ проведения фиторемедиации / О. А. Захарова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2011. – № 3(11). – С. 31-35. – EDN OFSKNJ.

2. Иванов, Е. С. Экологическая оценка возможности использования осадка сточных вод очистных сооружений Г.Рязани в качестве удобрений / Е. С. Иванов, А. С. Чердакова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2012. – № 4(16). – С. 31-36. – EDN PLVOHL.

3. Способы уменьшения содержания тяжелых металлов в серых лесных почвах / Я. В. Костин, Р. Н. Ушаков, С. В. Данилина [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 2(38). – С. 26-32. – EDN XSVHED.

4. Яковлева, Е. В. Генетико-химическая и агроэкономическая характеристика пахотных темно-серых лесных почв / Е. В. Яковлева, Л. П. Степанова, А. В. Писарева // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 2(30). – С. 63-68. – EDN UQSZIN.

5. Калоев, Б. С. Накопление и распределение тяжелых металлов в растениях в условиях



естественного геохимического фона / Б. С. Калоев, Э. И. Кумсиев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 3. – С. 97-102. – EDN SNULZR.

6. Гигиеническая оценка загрязнения воздушного бассейна в Рязанской области / В. В. Кучумов, В. А. Кирюшин, С. В. Сафонкин, И. В. Гореликов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 95. – EDN RYVRLQ.

7. Ляпкало, А. А. Мониторинг качества атмосферного воздуха областного центра / А. А. Ляпкало, А. А. Дементьев, А. М. Цурган // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2013. – Т. 21. – № 4. – С. 83-89. – EDN RVWJOV.

8. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Рязанской области в 2020 году / Министерство природопользования Рязанской области. Рязань. – 2021. С. 148.

9. Оценка загрязнения и перспективы фиторемедиации аллювиальных почв окской поймы / В. М. Яшин, П. И. Пыленок, Р. Майсснер, Х. Рупп // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири : Монография. В 5 томах / Под редакцией В.Г. Сычева, Л. Мюллера. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. – С. 212-217. – DOI 10.25680/6422.2018.20.17.392. – EDN VRYCPE.

10. Климова, Е. В. Загрязнение пойменных агроландшафтов в среднем течении Оки / Е. В. Климова // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 2008. – № 1. – С. 12. – EDN IUHQGH.

11. Пыленок, П. И. Влияние седиментации на качество аллювиальной почвы в пойме реки ока / П. И. Пыленок // Агрофизика. – 2020. – № 4. – С. 7-13. – DOI 10.25695/AGRPH.2020.04.02. – EDN DMANWI.

12. Степанова, Л. П. Агроэкологическая оценка деградационных изменений земель сельскохозяйственного назначения под влиянием интенсив-

ных антропогенных воздействий / Л. П. Степанова, В. Э. Циканавичуте, С. Ю. Халимон // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – № 1. – С. 8-10. – EDN YNTFCR.

13. Мажайский, Ю. А. Особенности распределения тяжелых металлов в профилях почв Рязанской области / Ю. А. Мажайский // Агрохимия. – 2003. – № 8. – С. 74-79. – EDN ONKUXJ.

14. Мажайский, Ю. А. Способ освоения залежных земель Нечерноземной зоны при выращивании кормовых культур / Ю. А. Мажайский, А. А. Павлов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 3(47). – С. 138-143. – DOI 10.36508/RSATU.2020.11.68.024. – EDN YDYYXG.

15. Ray, R.L. 2018. Effects of Drought on Crop Production and Cropping Areas in Texas/Ray, R.L., A. Fares, E. Risch//Agric. Environ. Lett. - 3:170037. DOI: <https://doi.org/10.2134/ael2017.11.0037>

16. Clayden, N.J. Factor analysis of time domain nmr data: crystallinity of poly (tetrafluorethene) / Clayden N.J., Lehnert R.J., Turnock S. // Analytica Chimica Acta. - 1997. - Т. 344. 2 3. - С. 261 - 269. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=260093>

17. Sena, M. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study / M. Sena, R. Frighetto, P. Valarini. // Soil and tillage research. - 2002. V. (2). - P. 171-181. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00063-6](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00063-6)

18. Benjamin, M. Mineral-nutrient relationships in African soils assessed using cluster analysis of X-ray powder diffraction patterns and compositional methods / Benjamin M., Palarea-Albaladejo J., Hillier S. // Geoderma. - 2020. - No. 9. - P. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114474>

19. Zhu, W. Water Stress in Maize Production in the Drylands of the Loess Plateau /Zhu, W., H. Li, H. Qu, Y. Wang, T. Misselbrook, X. Li, R. Jiang//Vadose Zone J. - 17:180117. DOI:<https://doi.org/10.2136/vzj2018.06.0117>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Zaharova, O. A. Usvoenie tyazhelykh metallov sel'skohozyajstvennymi kul'turami i vozmozhnost' pri urovne zagryazneniya z=16-32 provedeniya fitoremediacii / O. A. Zaharova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2011. – № 3(11). – S. 31-35. – EDN OFSKNJ.
2. Ivanov, E. S. Ekologicheskaya ocenka vozmozhnosti ispol'zovaniya osadka stochnykh vod ochistnykh sooruzhenij G.Ryazani v kachestve udobrenij / E. S. Ivanov, A. S. Cherdakova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2012. – № 4(16). – S. 31-36. – EDN PLVOHL.
3. Sposoby umen'sheniya soderzhaniya tyazhelykh metallov v seryh lesnykh pochvah / YA. V. Kostin, R. N. Ushakov, S. V. Danilina [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2018. – № 2(38). – S. 26-32. – EDN XSVHED.
4. Yakovleva, E. V. Genetiko-himicheskaya i agroekonomicheskaya harakteristika pahotnykh temno-seryh lesnykh pochv / E. V. Yakovleva, L. P. Stepanova, A. V. Pisareva // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2016. – № 2(30). – S. 63-68. – EDN UQSZIN.
5. Kaloev, B. S. Nakoplenie i raspredelenie tyazhelykh metallov v rasteniyah v usloviyah estestvennogo geohimicheskogo fona / B. S. Kaloev, E. I. Kumsiev // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo



universiteta. – 2014. – Т. 51. – № 3. – С. 97-102. – EDN SNULZR.

6. Gigienicheskaya ocenka zagryazneniya vozduhnogo bassejna v Ryazanskoj oblasti / V. V. Kuchumov, V. A. Kiryushin, S. V. Safonkin, I. V. Gorelikov // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2015. – № 3. – С. 95. – EDN RYVRLQ.

7. Lyapkalo, A. A. Monitoring kachestva atmosfernogo vozduha oblastnogo centra / A. A. Lyapkalo, A. A. Dement'ev, A. M. Curgan // *Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. – 2013. – Т. 21. – № 4. – С. 83-89. – EDN RVWJOV.

8. Doklad o sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy v Ryazanskoj oblasti v 2020 godu / Ministerstvo prirodopol'zovaniya Ryazanskoj oblasti. Ryazan'. – 2021. S. 148.

9. Ocenka zagryazneniya i perspektivy fitoremediacii allyuvial'nyh pochv okskoj pojmy / V. M. Yashin, P. I. Pylenok, R. Majssner, H. Rupp // *Novye metody i rezul'taty issledovanij landshaftov v Evrope, Central'noj Azii i Sibiri : Monografiya. V 5 tomah / Pod redakciej V.G. Sycheva, L. Myullera*. – Moskva: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut agrohimi imeni D.N. Pryanishnikova, 2018. – С. 212-217. – DOI 10.25680/6422.2018.20.17.392. – EDN VRYCPE.

10. Klimova, E. V. Zagryaznenie pojmnennyh agrolandshaftov v srednem techenii Oki / E. V. Klimova // *Ekologicheskaya bezopasnost' v APK. Referativnyj zhurnal*. – 2008. – № 1. – С. 12. – EDN IUHQGH.

11. Pylenok, P. I. Vliyanie sedimentacii na kachestvo allyuvial'noj pochvy v pojme reki oka / P. I. Pylenok // *Agrofizika*. – 2020. – № 4. – С. 7-13. – DOI 10.25695/AGRPH.2020.04.02. – EDN DMANWI.

12. Stepanova, L. P. Agroekologicheskaya ocenka degradacionnyh izmenenij zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya pod vliyaniem intensivnyh antropogennyh vozdeystvij / L. P. Stepanova, V. E. Cikanavichute, S. YU. Halimon // *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal*. – 2018. – № 1. – С. 8-10. – EDN YNTFCR.

13. Mazhayskij, YU. A. Osobennosti raspredeleniya tyazhelyh metallov v profilyah pochv Ryazanskoj oblasti / YU. A. Mazhayskij // *Agrohimiya*. – 2003. – № 8. – С. 74-79. – EDN ONKUXJ.

14. Mazhayskij, YU. A. Sposob osvoeniya zaleznyh zemel' Nechernozemnoj zony pri vyrashchivanii kormovyh kul'tur / YU. A. Mazhayskij, A. A. Pavlov // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2020. – № 3(47). – С. 138-143. – DOI 10.36508/RSATU.2020.11.68.024. – EDN YDYYXG.

15. Ray, R.L. 2018. Effects of Drought on Crop Production and Cropping Areas in Texas/Ray, R.L., A. Fares, E. Risch//*Agric. Environ. Lett.* - 3:170037. DOI: <https://doi.org/10.2134/aer2017.11.0037>

16. Clayden, N.J. Factor analysis of time domain nmr data: crystallinity of poly (tetrafluorethene) / Clayden N.J., Lehnert R.J., Turnock S. // *Analytica Chimica Acta*. - 1997. - T. 344. 2 3. - C. 261 - 269. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=260093>

17. Sena, M. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study / M. Sena, R. Frighetto, P. Valarini. // *Soil and tillage research*. - 2002. V. (2). - P. 171-181. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00063-6](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00063-6)

18. Benjamin, M. Mineral-nutrient relationships in African soils assessed using cluster analysis of X-ray powder diffraction patterns and compositional methods / Benjamin M., Palarea-Albaladejo J., Hillier S. // *Geoderma*. - 2020. - No. 9. - P. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114474>

19. Zhu, W. Water Stress in Maize Production in the Drylands of the Loess Plateau /Zhu, W., H. Li, H. Qu, Y. Wang, T. Misselbrook, X. Li, R. Jiang//*Vadose Zone J.* - 17:180117. DOI:<https://doi.org/10.2136/vzj2018.06.0117>

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

Павлов Артём Андреевич, канд. биол. наук, научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, Российская федерация, Рязань, РФ, kupoz@mail.ru

Мажайский Юрий Анатольевич, д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник, Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, Российская федерация, Рязань, director@mntc.pro

Author Information

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

Mazhaysky Yuri A., Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Meshchersky Branch of the A.N. Kostyakov VNIIGiM, Russian Federation, Ryazan, director@mntc.pro

Статья поступила в редакцию 30.11.2022; одобрена после рецензирования 09.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 30.11.2022; approved after reviewing 09.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.



Вестник РГАТУ, 2022, т.14, № 4, с.41-46
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, № 4, pp 41-46

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 632.15(470.345)
DOI: 10.36508/RSATU.2022.98.35.007

УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЕКТОРА
ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

Анатолий Петрович Савельев¹✉, Сергей Викторович Глотов², Ирина Александровна Никифорова³, Светлана Анатольевна Еналеева⁴

^{1,2,3,4} Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Россия

¹tbsap52@mail.ru

²zaosv2005@mail.ru

³irintamonikif@mail.ru

⁴savelyevasa@gmail.com

Аннотация.

Проблема и цель. В виду того, что Республики Мордовия является аграрным регионом, что обуславливает возможность компенсирования выбросов парниковых газов поглощением, в качестве цели поставлена оценка возможности достижения баланса выбросов и поглощения парниковых газов в сельскохозяйственном секторе региона и предложение мер по направлению его развития.

Методология. Для достижения поставленной цели применялись такие методы научного исследования, анализ сельскохозяйственного сектора на предмет источников парниковых газов, синтез компонентов, оказывающих влияние на баланс выбросов и поглощения парниковых газов в отмеченном секторе экономики, сравнение выбросов парниковых газов, формализация, абстрагирование, изучение нормативных документов, источников статистической информации, ранжирование. Научное исследование проведено в ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва».

Результаты. Проведен анализ данных по источникам парниковых газов сельскохозяйственного сектора Республики Мордовия проведен за последние три года. Выделены механизмы образования и поглощения парниковых газовых в сельскохозяйственном секторе республики. К характерным источникам образования парниковых газов отнесены сжигание топлива транспортом, животноводство, растениеводство. Оценен вклад в формирование выбросов парниковых газов основных процессов сельскохозяйственного сектора республики. Приведена оценка поглощения парниковых газов республики. Определены направления для обеспечения баланса между выбросами и поглощениями парниковых газов в сельскохозяйственном секторе.

Заключение. Баланс углеродного следа сельскохозяйственного сектора республики является регулирующим фактором, дающим возможность определить первоочередные меры по снижению нагрузки парниковых газов и, как следствие повысить конкурентоспособность продукции в недалеком будущем.

Ключевые слова: углеродный след, парниковые газы, сельскохозяйственный сектор, Республика Мордовия, выбросы, поглощение, баланс

Для цитирования: Савельев А. П., Глотов С.В., Никифорова И.А., Еналеева С.А. Углеродный след сельскохозяйственного сектора экономики Республики Мордовия // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022; Т. 14, № 4. С 41-46 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.98.35.007>



AGRICULTURAL SCIENCES
Original article

AGRICULTURAL SECTOR CARBON FOOTPRINT ECONOMY OF THE REPUBLIC OF MORDOVIA

Anatoly P. Savelyev,¹✉ Sergei V. Glotov², Irina A. Nikiforova³, Svetlana A. Enaleeva⁴

^{1,2,3,4} National Research Mordovia State University, Saransk, Russia

¹tbsap52@mail.ru,

²zaosv2005@mail.ru,

³rintamonikif@mail.ru,

⁴savelyevasa@gmail.com

Abstract.

Problem and purpose. Due to the fact that the Republic of Mordovia is an agricultural region, which makes it possible to compensate for greenhouse gas emissions by absorption, the goal is to assess the possibility of achieving a balance of greenhouse gas emissions and absorption in the agricultural sector of the region and propose measures for its development.

Methodology. To achieve this goal, such methods of scientific research, analysis of the agricultural sector for greenhouse gas sources, synthesis of components that affect the balance of greenhouse gas emissions and absorption in the noted sector of the economy, comparison of greenhouse gas emissions, formalization, abstraction, study of regulatory documents, sources of statistical information, ranking were used. A scientific study was conducted at the N.P. Ogarev Mordovian State University.

Results. An analysis of data on sources of greenhouse gases of the agricultural sector of the Republic of Mordovia has been carried out over the past three years. Mechanisms for the formation and absorption of greenhouse gas in the agricultural sector of the republic have been identified. Typical sources of greenhouse gas generation include fuel burning by transport, animal husbandry, crop production. The contribution to the formation of greenhouse gas emissions of the main processes of the agricultural sector of the republic was assessed. An assessment of the absorption of greenhouse gases of the republic is presented. Directions have been identified to ensure a balance between greenhouse gas emissions and emissions in the agricultural sector.

Conclusion. The balance of the carbon footprint of the agricultural sector of the republic is a regulatory factor that makes it possible to determine priority measures to reduce the load of greenhouse gases and, as a result, increase the competitiveness of products in the near future.

Key words: carbon footprint, greenhouse gases, agricultural sector, Republic of Mordovia, emissions, absorption, balance sheet

For citation: Savelyev A. P., Glotov S.M., Nikiforova I.A., Enaleeva S.A. Agricultural sector carbon footprint economy of the Republic of Mordovia. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev.2022; No. 14(4). P 41-46(in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.98.35.007>

Введение

Углеродный след представляет собой выбросы парниковых газов, производимые в результате производственной деятельности, получения энергии, ведения сельского хозяйства и прочих процессов [1, 2]. Сегодня можно однозначно сказать, что в скором будущем каждый из нас столкнется с проблемой возмещения в денежном эквиваленте углерода, в поступлении которого принимаем непосредственное участие, не говоря о таких гигантах-вкладчиках, в плане своего участия, как теплоэнергетика, агропромышленный комплекс и прочих. Данный факт вызывает множество противоречивых эмоций, однако, наступление неизбежно. Отбросив эмоции нужно сказать, что в соответствии с Парижским соглашением компании, чтобы сохранить конкурентоспособность, вынуждены сокращать углеродный след. По данным U.S. Greenhouse Gas Emission сектора экономики по выбросам парниковых газов выглядят следующим образом: транспорт – 29%; производство электроэнергии – 25%; про-

мышленность – 23%; сельское хозяйство – 10%; коммерческие организации – 7%; жилой сектор – 6%. Вклад диоксида углерода составляет 80%, фторированные газы – 3%, оксид азота – 7%, метан – 10%. Сельское хозяйство занимает особую позицию в этом вопросе, так как имеет возможность управлять своим вкладом углерода в окружающую среду. Именно этот сектор экономики является как поставщиком углерода, так и его поглотителем. К тому же, данный сектор экономики в Республике Мордовия играет главную роль в создании валового продукта.

Факторы, которые подталкивают сельское хозяйство вести осознанный учет парниковых газов: давление со стороны заинтересованных лиц, в первую очередь, покупателей, особенно зарубежных; подсчет рисков со стороны инвесторов; ратификация Парижского соглашения. Из этого следует очевидный вывод – оценивать углеродный след для сельского хозяйства необходимо. Сама оценка проводится в зависимости от уровня сложности. Учитываются при этом прямые



выбросы парниковых газов и косвенные, руководствуясь при этом утвержденными методиками [2-3]. Для оценки необходимы достоверные данные, которые складываются из данных Росстата, соответствующих министерств и ведомств, а также учет ресурсов в хозяйствах, например, потребления энергии, используемого транспорта и сырья. Очень важным является проведение инвентаризации источников парниковых газов на рассматриваемом объекте.

Методы исследования

Для расчета углеродного следа в Российской Федерации имеется своя нормативно-правовая база [3-7], которая совершенствуется. Так, например, недавно введен ГОСТ Р ИСО 14067-2021 [3]. Мировая практика определения углеродного следа достаточно хорошо развита: методики определения прописываются в протоколах по отраслям, в том числе и по сельскому хозяйству. В нашем государстве методики по определению выбро-

сов парниковых газов установлены приказами № 300 и 330 Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации [4, 5]. При этом необходимо учесть, что выбросы парниковых газов сельскохозяйственного сектора определяются особенностями ведения животноводства, растениеводства, а также многочисленными естественными процессами, проходящими в создаваемых при этом агроэкосистемах [7].

Для определения выбросов парниковых газов нами использованы данные из надежных источников, таких как: сайт Федеральной службы государственной статистики; данные органов исполнительной власти Республики Мордовия.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведен анализ данных по источникам парниковых газов сельскохозяйственного сектора Республики Мордовия проведен за период с 2019 по 2021 года (табл.1).

Таблица 1 – Характеристика сельскохозяйственного сектора экономики Республики Мордовия за период 2019-2021 г.

Показатель	Период, год		
	2019	2020	2021
Сжигание топлива, тыс.т:			
– дизельное топливо	59,7	59,8	60,8
– автомобильный бензин	5	4,9	5,1
Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения, тыс. га	1664,5	1663,1	1662,0
Общее количество вносимых минеральных удобрений, тыс.т в д.в.	51,7	52,1	53
Посевные площади и урожайность основных культур по видам, тыс. га; ц/га:			
– зерновые и зернобобовые	440,7; 28,9	474,5; 35	486,4; 24,2
– кукуруза на зерно	24,2; 61,8	27,3; 55,9	17,8; 55,5
– масличные	45,3; 20,7	53,3; 16,1	66,57; 12,3
– сахарная свекла	22,4; 475,7	20,0; 371,2	22,2; 340,4
Поголовье животных по видам, тыс. голов:			
– КРС	162	163,2	161,5
– свиньи	473	623,7	720,3
– птицы	16887,6	16124,5	16801,6

Особенностью приведенных показателей за рассматриваемые три года является тенденция к увеличению расхода топлива, вносимого общего количества минеральных удобрений, общей площади зерновых и зернобобовых, масличных, поголовья свиней. При этом присутствует спад общей площади земель сельскохозяйственного назначения, посевных площадей кукурузы на зерно.

Выделены механизмы образования и поглощения парниковых газовых в сельскохозяйственном

секторе республики. К характерным источникам образования парниковых газов отнесем, прежде всего, сжигание топлива транспортом, далее животноводство и растениеводство.

Выбросы парниковых газов от транспорта. Расчетные значения выбросов углекислого газа (CO₂), метана (CH₄), а также закиси азота (N₂O) за последние три года при сжигании дизельного топлива и автомобильного бензина представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Выбросы CO₂, CH₄ и N₂O при сжигании дизельного топлива и автомобильного бензина

Вещество	Выброс по годам, кг вещества/год		
	2019 год	2020 год	2021 год
CO ₂	203141,9	203154,2	206908,7
CH ₄	27997,6	27665,9	28541,0
N ₂ O	73002,1	73114,9	74347,8



Из таблицы 2 четко видна тенденция к увеличению выбросов парниковых газов. Наибольший вклад при этом принадлежит CO_2 .

Выбросы парниковых газов животноводства, включают выбросы CH_4 от процессов внутренней ферментации сельскохозяйственных животных, а

также выбросы CH_4 и N_2O от систем сбора, хранения и использования навоза. Выбросы CH_4 от процессов внутренней ферментации представлены в таблице 3, из которой видна тенденция к увеличению.

Таблица 3 – Выбросы CH_4 от внутренней ферментации

Источник	Выброс по годам, тыс. тонн $\text{CH}_4/\text{год}$		
	2019 год	2020 год	2021 год
Всего	12,8405	13,1628	13,3792

Выбросы CH_4 от систем сбора, хранения и использования навоза за последние три года приведены в таблице 4, откуда также просматривается тенденция выбросов CH_4 к увеличению.

Таблица 4 – Выбросы CH_4 от систем сбора, хранения и использования навоза

Источник	Выброс по годам, тыс. тонн $\text{CH}_4/\text{год}$		
	2019 год	2020 год	2021 год
Всего	23,4261	23,1254	24,3281

Выбросы N_2O от систем сбора, хранения и использования навоза складываются из прямых и косвенных. Обобщенные значения выбросов N_2O приведены в таблице 5, что также указывает на тенденцию к их увеличению.

Таблица 5 – Выбросы N_2O (суммарно прямые и косвенные) в результате сбора и хранения навоза и помета

Источник	Выброс по годам, тыс. тонн $\text{N}_2\text{O}/\text{год}$		
	2019 год	2020 год	2021 год
Всего	14,5383	16,0054	17,2602

К выбросам парниковых газов от растениеводства относятся прежде всего выбросы N_2O от обрабатываемых почв; выбросы парниковых газов при сжигании остатков растений на полях; выбросы при известковании почв CO_2 . Выбросы N_2O от обрабатываемых почв также имеют тенденцию к увеличению (табл. 6).

Таблица 6 – Прямые и косвенные выбросы N_2O от обрабатываемых почв

Величина	Выброс по годам, кг $\text{N}_2\text{O}/\text{год}$		
	2019 год	2020 год	2021 год
Всего	8129,7	8190,8	8331,7

Расчет величины поглощений парниковых газов землями сельскохозяйственного назначения [5], определяется суммой изменения запасов углерода в биомассе применительно к многолетним древесным и кустарниковым насаждениям,

изменения запасов углерода в пуле минеральных почв пахотных земель, от осушения органо-генных почв. Результаты, переведенные в CO_2 -эквивалент, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – CO_2 -эквивалент объема поглощений парниковых газов землями сельскохозяйственного назначения

Источник	Поглощение по годам углерода, тыс. тонн CO_2 -экв.		
	2019 год	2020 год	2021 год
Всего	-115,293	-117,423	-120,516

Баланс поглощения и выброса парниковых газов в сельскохозяйственном секторе по годам, представляет собой разность итоговой величины поглощения и выброса парниковых газов в рассматриваемый период. Баланс будет соблюден когда выброс и поглощение уравниваются.

Это идеализированный сценарий, но это и сценарий, позволяющий определить наиболее перспективные меры по снижению углеродного следа региона – уравнивающие технологические процессы. С учетом поглощения баланс парниковых газов представлен в таблице 8.



Таблица 8 – Баланс парниковых газов сельскохозяйственного сектора региона

Величина	Количество ПГ, тыс. тонн CO ₂ -экв.		
	2019 год	2020 год	2021 год
Выброс	4682,610	5061,722	5421,363
Поглощение	-115,293	-117,423	-120,516

Выявленные тенденции позволяют задать направления с целью минимизации парниковых газов в сельскохозяйственном секторе региона. В качестве таких направлений рекомендуем следующие:

- разработать концепцию по нейтрализации парниковых газов сельскохозяйственного сектора, в которой закрепить основополагающие моменты по сокращению прямых выбросы парниковых газов, увеличению вовлечения возобновляемых источников энергии – применению наиболее эффективные технологии получения энергии с точки зрения экономики ресурсов и минимизации выбросов парниковых газов;

- обеспечить методиками по разработке мер по предотвращению выброса парниковых газов в тех случаях, когда это возможно, например, прямой захват CO₂ из воздуха в случае применения процессов сжигания сельскохозяйственных культур;

- обеспечить методиками, позволяющими для хозяйств региона определять меры по балансированию парниковых газов в атмосферном воздухе, например, выполнение лесов;

- внедрить в практику систему поощрения хозяйств за сокращение парниковых газов в атмосферный воздух, а также за применение технологий энергосбережения;

- обеспечить поддержку грантами хозяйств, научных центров, в которых есть потенциал получения новых технологий, позволяющих снизить выбросы парниковых газов в источнике, а также новых и эффективных технологий утилизации сельскохозяйственных отходов, получения вторичных ресурсов и побочных продуктов;

- закладывать приобретение сырья, средств с более низким углеродным следом.

Закключение

Балансирование углеродного следа сельскохозяйственного сектора региона является регулирующим фактором, дающим возможность определить первоочередные меры по снижению нагрузки парниковых газов и, как следствие повысить конкурентоспособность продукции в недалеком будущем.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список источников

1. Булаткин Г. А. Вопросы объективной оценки эмиссии парниковых газов в атмосферу Земли / Г. А. Булаткин // Жизнь Земли. – 2019. – Т. 41. – №4. – С. 417-429. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-obektivnoy-otsenki-emissii-parnikovyyh-gazov-v-atmosferu-zemli/viewer>.

2. Птичников А. В. О потенциале поглощения парниковых газов лесами России для снижения углеродного следа экспорта отечественной продукции / А. В. Птичников, Е. А. Шварц, Д. А. Кузнецова : Доклады Российской академии наук : Науки о Земле. – 2021. – Т. 499. – № 2. – С. 181-184. – URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=danze&m&y=2021&v=499&n=2&a=DANZem2108012Ptichnikov>

3. ГОСТ Р ИСО 14067-2021. Газы парниковые. Углеродный след продукции. Требования и руководящие указания по количественному определению // КонсорциумКодекс: офиц. сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181056>.

4. Об утверждении методических указаний и руководства по количественному определению объема выбросов ПГ организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в Российской Федерации : Приказ Минприроды России от 30.06.2015 № 300 // Гарант : офиц. сайт. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71183290/>.

5. Об утверждении методических указаний по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов ПГ : Приказ Минприроды России от 29.06.2017 № 330 // Гарант : офиц. сайт. – URL: <https://base.garant.ru/71760524/>.

6. О методических рекомендациях по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов ПГ в субъектах Российской Федерации : Распоряжение Минприроды России от 16.04.2015 № 15-п // КонсорциумКодекс : офиц. сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420278225>.

7. О методических указаниях по количественному определению объема поглощения парниковых газов : Распоряжение Минприроды России от 30.06.2017 № 20-п // КонсорциумКодекс : офиц. сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456079177>.

References

1. Bulatkin G. A. Voprosy ob "ektivnoy ocenke emissii parnikovyyh gazov v atmosferu Zemli / G. A. Bulatkin // Zhizn' Zemli. – 2019. – T. 41. – №4. – S. 417-429. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-obektivnoy-otsenki-emissii-parnikovyyh-gazov-v-atmosferu-zemli/viewer>.
2. Ptichnikov A. V. O potencie pogloshcheniya parnikovyyh gazov lesami Rossii dlya snizheniya



uglerodnogo sleda eksporta otechestvennoj produkcii / A. V. Ptichnikov, E. A. SHvarc, D. A. Kuznecova : Doklady Rossijskoj akademii nauk : Nauki o Zemle. – 2021. – T. 499. – № 2. – S. 181-184. – URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=danzem&y=2021&v=499&n=2&a=DANZem2108012Ptichnikov>

3. GOST R ISO 14067-2021. Gazy parnikovye. Uglerodnyj sled produkcii. Trebovaniya i rukovodyashchie ukazaniya po kolichestvennomu opredeleniyu // KonsorciumKodeks: ofic. sajт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181056>.

4. Ob utverzhdenii metodicheskikh ukazanij i rukovodstva po kolichestvennomu opredeleniyu ob"ema vybrosov PG organizacijami, osushchestvlyayushchimi hozyajstvennyuyu i inuyu deyatel'nost' v Rossijskoj Federacii : Prikaz Minprirody Rossii ot 30.06.2015 № 300 // Garant : ofic. sajт. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71183290/>.

5. Ob utverzhdenii metodicheskikh ukazanij po kolichestvennomu opredeleniyu ob"ema kosvennykh energeticheskikh vybrosov PG : Prikaz Minprirody Rossii ot 29.06.2017 № 330 // Garant : ofic. sajт. – URL: <https://base.garant.ru/71760524/>.

6. O metodicheskikh rekomendacijah po provedeniyu dobrovol'noj inventarizacii ob"ema vybrosov PG v sub"ektah Rossijskoj Federacii : Rasporyazhenie Minprirody Rossii ot 16.04.2015 № 15-r // KonsorciumKodeks : ofic. sajт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420278225>.

7. O metodicheskikh ukazaniyah po kolichestvennomu opredeleniyu ob"ema pogloshcheniya parnikovyh gazov : Rasporyazhenie Minprirody Rossii ot 30.06.2017 № 20-r // KonsorciumKodeks : ofic. sajт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456079177>.

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, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Российская Федерация, tbsap52@mail.ru.

Глотов Сергей Викторович, д-р техн. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Российская Федерация, zaosv2005@mail.ru.

Никифорова Ирина Александровна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Российская Федерация, irintamonikif@mail.ru.

Еналеева Светлана Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Российская Федерация, savelyevasa@gmail.com.

Author Information

Savelyev Anatoly P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Life Safety, National Research Mordovia State University, Saransk, Russian Federation, tel. +7(927)195-21-25, tbsap52@mail.ru.

Glotov Sergey V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety, National Research Mordovia State University, Saransk, Russian Federation, tel. +7(927)276-02-14, zaosv2005@mail.ru.

Nikiforova Irina A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety, National Research Mordovia State University, Saransk, Russian Federation, tel. +7(927)641-03-78, irintamonikif@mail.ru.

Enaleeva Svetlana A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety, National Research Mordovia State University, Saransk, Russian Federation, tel. +7(927)276-81-68, savelyevasa@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 01.12.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 01.12.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





Вестник РГТУ, 2022, т.14, №4, с. 47-54
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 47-54

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.86:633.491
DOI:10.36508/RSATU.2022.13.34.008

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ
И СТРУКТУРУ УРОЖАЯ

Ольга Васильевна Савина¹✉, Ольга Валерьевна Платонова²

^{1,2} Академия ФСИН России, г. Рязань

¹ savina-999@mail.ru

² platva-82@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В системе биологического земледелия важное место занимает применение биологических мелиорантов. Перспективным биологическим мелиорантом может стать использование побочных продуктов птицеводства – пуха и пера. В литературе имеется очень мало сведений о применении органических удобрений на основе пуха-перового сырья в растениеводстве. В этой связи представляет интерес сравнение действия их с традиционными биологическими мелиорантами, как, например, заправкой измельченной соломы зерновых культур. Цель исследования – изучение влияния заправки соломы и мульчи из куриных перьев на урожайность картофеля и структуру урожая.

Методология. Исследования проведены в вегетационный период 2022 года на среднесуглинистом оподзоленном черноземе, тяжелосуглинистом по механическому составу, в юго-западной части Рязанской области. Варианты опыта: 1) контроль – без внесения биологического мелиоранта; 2) внесение измельченной соломы озимой пшеницы; 3) внесение мульчи из куриного пера. Учетная площадь делянок 50 м², повторность опыта четырехкратная; размещение вариантов внутри повторений – рандомизированное. Заделку в почву измельченной соломы зернового предшественника производили осенью во время основной обработки почвы. Мульчу из куриных перьев вносили весной при посадке клубней непосредственно в каждую лунку из расчета 100 г мульчи на 10 кг почвы. Основные элементы агротехники не различались по вариантам и были общепринятыми при выращивании картофеля в нашей зоне. Структуру урожая определяли перед уборкой на 10 растениях с каждого варианта в трехкратной повторности: клубни делили на три фракции по наибольшему поперечному диаметру: менее 35 мм, 35-60 мм, более 60 мм. Общую урожайность картофеля по вариантам опыта определяли методом сплошной уборки делянок с последующим пересчетом на 1 га; урожайность товарных клубней рассчитывали путем умножения общей урожайности на процент стандартной части урожая. Статистическую обработку полученных данных осуществляли с использованием пакета «Statistika».

Результаты. Использование биомелиорантов оказало положительное действие на урожайность картофеля и структуру урожая клубней. Выявлено улучшение исследуемых показателей в вариантах с внесением биомелиорантов: прибавка в массе клубней с одного растения составила 12,9-18,7%; количество клубней на растении увеличилось по отношению к контролю на 10,6-15,2%. Общая урожайность клубней увеличилась на 6,9-12,9%, урожайность товарных клубней – на 9,8-10,6%.

Заключение. Экспериментально доказано повышение урожайности картофеля и улучшение структуры урожая клубней при внесении биомелиорантов. Внесение мульчи из перьев оказало более значимый эффект на все исследованные показатели, чем заправка соломы. При этом данный вид удобрений дает наибольший эффект при выращивании картофеля на продовольственные цели и для переработки на продукты питания.

Ключевые слова: картофель, биологические мелиоранты, заправка соломы, мульча из куриных перьев, структура урожая, урожайность клубней

Для цитирования: Савина О.В., Платонова О.В. Влияние биологических мелиорантов на урожайность картофеля и структуру урожая // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022, Т. 14, № 4. С 47-54 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.13.34.008](https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.13.34.008)



AGRICULTURAL SCIENCES
Original article

THE EFFECT OF BIOLOGICAL AMELIORANTS ON POTATO YIELD AND CROP STRUCTURE

Olga V. Savina¹✉, Olga V. Platonova²

^{1,2} Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan

¹ savina-999@mail.ru

² platva-82@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The use of biological ameliorants occupies an important place in the biological farming system. The use of fluff and feathers being by-products of poultry farming can be a promising biological ameliorant. There is very little information in the literature about the use of organic fertilizers based on down-feather raw materials in crop production. In this regard, it is of interest to compare their action with traditional biological ameliorants, such as, for example, the plowing of crushed straw of grain crops. The purpose of the research was to study the effect of straw and chicken feather mulch plowing on potato yield and crop structure.

Methodology. The studies were carried out during the growing season of 2022 on medium-thick podzolized chernozem, heavy loamy in mechanical composition, located in the southwestern part of the Ryazan region. The following options were studied: 1) control – without any biological ameliorant; 2) ameliorant 1 – application of chopped winter wheat straw; 3) ameliorant 2 – introduction of chicken feather mulch. The accounting area of blocks was 50 m², the experiment had four replications and randomized block design. Incorporation of chopped straw of the grain predecessor into the soil took place in the fall during the main tillage. Chicken feather mulch was applied in the spring when tubers were planted directly into each hole at the rate of 100 g of mulch per 10 kg of soil. The basic elements of agricultural technology did not differ in variants and were generally accepted when growing potatoes in our zone. The structure of the crop was determined before harvesting for 10 plants from each option in a threefold replication: tubers were divided into three fractions according to the largest transverse diameter: less than 35 mm, 35-60 mm, more than 60 mm. The total yield of potatoes according to the options of the experiment was determined by the method of continuous harvesting of blocks, followed by recalculation per 1 ha; the yield of commercial tubers was calculated by multiplying the total yield by the percentage of the standard part of the crop. Statistical processing of the obtained data was carried out using Statistika package.

Results. The use of biological ameliorants had a positive effect on potato yield and tuber yield structure. The improvement of the studied indicators was revealed in the options with the introduction of ameliorants: the increase in the mass of tubers from one plant was 12.9 -18.7 %; the number of tubers per plant increased by 10.6 -15.2 % in relation to the control option. The total yield of tubers increased by 6.9-12.9 %, the yield of commercial tubers – by 9.8-10.6 %.

Conclusion. An increasing of potato yield and an improvement in the structure of the tuber crop with the use of bio ameliorants was experimentally proved. The introduction of feather mulch had a more significant effect on all the studied parameters than straw plowing. At the same time, this type of fertilizer gives the greatest effect when growing potatoes for food purposes and for processing into food.

Key words: potato, biological ameliorants, plowing of chopped straw, chicken feather mulch; crop structure; potato yield

For citation: Savina O.V., Platonova O.V. The effect of biological ameliorants on potato yield and crop structure // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022, T. 14, № 4, P 47-54 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.13.34.008>

Введение

В последние годы большое внимание уделяется использованию биологических мелиорантов как эффективного способа повышения плодородия почвы и увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур. В системе ресурсосберегающего земледелия широко известен прием уборки зерновых предшественников с измельчением и последующей запашкой соломы, который показал хорошую результативность при возделывании яровой и озимой пшеницы, зернового сорго, картофеля и других сельскохозяйственных культур [1-9].

Современные подходы к созданию системы

биологического земледелия обуславливают поиск новых способов обогащения почвы питательными элементами и повышения урожайности сельскохозяйственных культур [10]. Перспективным биологическим мелиорантом может стать использование побочных продуктов птицеводства – пуха и пера.

Основу химического состава пера составляют белковые вещества, называемые кератином. Анализ литературных источников показал, что элементарный состав кератинов пера и пуха у разных видов птицы не имеет существенных отличий и включает следующие химические элементы: углерод – 50-55 %, водород – 7-8 %, кислород –



25-30 %, азот – 15-18 %, сера – 0,5-2,0 %. Кроме того, достаточно высока доля кремния, который присутствует в составе перьев в виде кремнезема. В золе перьев доля кремния составляет от 40 до 70 % [11-14].

Как видим, в составе кератина достаточно высока доля азота, и поэтому удобрения на основе пера птиц являются, прежде всего, хорошим источником азота. Что же касается химического состава соломы зерновых, то в нем преобладают безазотистые органические вещества в виде сложных углеводов – целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина при небольшом содержании азота и минеральных элементов. Доля азота в различных видах соломы составляет всего 0,43-0,67 %, а соотношение C:N достаточно широкое – 65-85:1, поэтому для эффективного использования соломы необходимо дополнительное внесение азота [15]. В составе кератина пухо-перового сырья соотношение C:N составляет 3,0-3,3: 1, что значительно повышает эффективность использования органических удобрений на основе пухо-перового сырья по сравнению с заправкой соломы.

Несмотря на отмеченный ряд преимуществ органических удобрений на основе пухо-перового сырья, в литературе имеется очень мало сведений о применении их в растениеводстве [16]. Можно сказать, что до настоящего времени не проводилось глубоких научных исследований этого вопроса, хотя в интернете имеется много популярной информации, содержащей рекомендации по использованию пухо-перового сырья для повышения урожайности садово-огородных культур.

Все вышесказанное делает тему исследований данной работы весьма актуальной.

Материалы и методы проведения исследования

Цель исследования – изучение влияния заправки соломы и мульчи из куриных перьев на урожайность картофеля и структуру урожая.

Исследования проведены в вегетационный период 2022 года на среднемощном оподзоленном черноземе, тяжелосуглинистом по механическому составу, расположенном в юго-западной части Рязанской области. Почва опытного участка имела уровень естественного почвенного плодородия выше среднего (содержание P_2O_5 – 14,6-16,4 мг на 100г почвы, K_2O – 15,6-16,4 мг на 100 почвы); содержание гумуса в слое 0-20 см – 6,7 %, реакция почвенного раствора – слабокислая (pH – 5,8).

Метеорологические данные вегетационного периода 2022 года в районе проведения исследований представлены на рисунках 1,2 и в таблице 1.

В целом, вегетационный период 2022 можно охарактеризовать как достаточно жаркий и засушливый – сумма эффективных температур была выше среднемноголетних данных на 116° C, а дефицит осадков составил 77,7 мм. В итоге влагообеспеченность растений была недостаточной – ГТК = 0,73.

Таблица 1 – Сводные климатические показатели вегетационного периода 2022 г.

Год наблюдения	Сумма эффективных температур, °C	Сумма осадков, мм	Гидротермический коэффициент (ГТК)
2022	2198	161,3	0,73
Среднемноголетние данные	2082	239,0	1,15
Отклонения от среднемного-летних данных, ±	+ 116	-77,7	-

Однако метеорологические условия вегетационного периода 2022 года складывались неравномерно по месяцам. Холодная погода мая с затяжными дождями сдвинула срок посадки картофеля на третью декаду мая (среднемесячная температура мая была ниже нормы на 3,3° C, осадков

выпало 170 % от нормы). Начало вегетации картофеля протекало в достаточно благоприятных условиях, которые способствовали быстрому и дружному появлению всходов и активному росту растений картофеля.

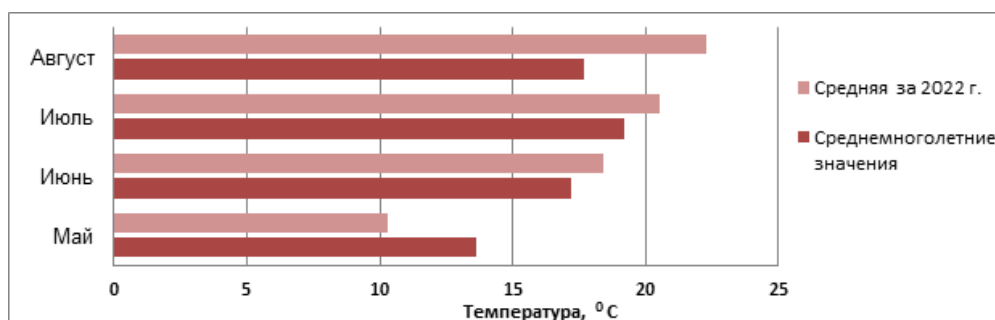


Рис.1 – Среднемесячная температура воздуха в вегетационный период 2022 г.
(Fig.1– Average monthly air temperature in the growing season of 2022)

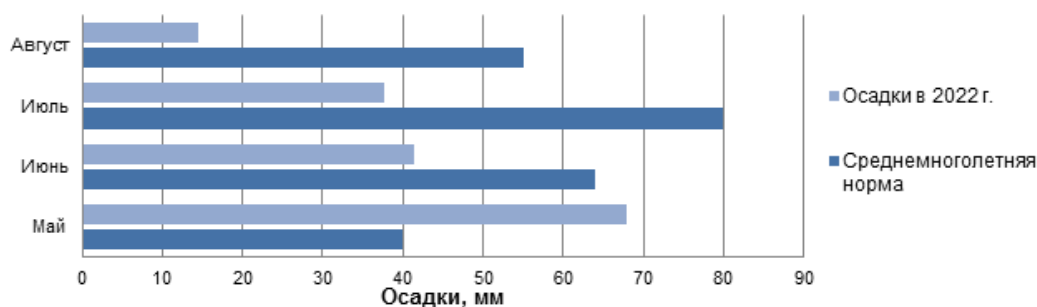


Рис. 2 – Количество осадков за вегетационный период 2022 г.
(Fig 2 – Precipitation during the growing season 2022)

Период формирования и активного роста клубней протекал в менее благоприятных условиях – при избытке тепла и сильном недостатке влаги. Начиная с июля растения картофеля испытывали дефицит влагообеспеченности. Особенно сухим и жарким был август, когда среднемесячная температура превысила норму на $4,7^{\circ}\text{C}$, а количество осадков составило всего 26,2 % от нормы. Сложившиеся погодно-климатические условия способствовали сильному иссушению почвы, что привело к недобору урожая клубней, а также снижало эффективность действия внесенных биомелиорантов.

Исследования проводили с использованием широко районированного в нашей зоне сорта картофеля раннеспелой группы Ред Скарлет. На посадку использовали клубни средней фракции массой от 50 до 70 г, норма посадки клубней – 50 тыс. шт/га. Предшественник картофеля – озимая пшеница.

Опыт включал следующие варианты: 1) контроль – без внесения биологического мелиоранта; 2) мелиорант 1 – внесение измельченной соломы озимой пшеницы; 3) мелиорант 2 – внесение мульчи из куриного пера. Учетная площадь делянки 50 м², повторность опыта четырехкратная; размещение вариантов внутри повторений – рандомизированное.

Измельчение соломы в количестве, полученном от предшественника, проводили одновременно с уборкой озимой пшеницы зерновым комбайном с установленным измельчителем; заделка измельченной соломы в почву – осенью во время основной обработки почвы.

Мульчу из куриного пера готовили следующим образом: исходную массу, включающую пуховые и маховые перья кур, измельчали на фрагменты размером до 2 см, пропуская через измельчитель отходов. Полученную мульчу вносили весной при посадке клубней непосредственно в каждую лунку из расчета 100 г мульчи на 10 кг почвы.

Основная и весенняя подготовка почвы под картофель была общепринятой для нашей зоны. Весной под культивацию во все варианты опыта вносили комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение NPK-1 производства УРАЛХИМ с соотношением питательных элементов NPK 10:26:26. Посадку клубней по вариантам опыта провели

вручную в подготовленные гребни на глубину 8-10 см по схеме 30х70, срок посадки – третья декада мая. Остальные элементы агротехники картофеля не отличались по вариантам.

Структуру урожая определяли перед уборкой на 10 растений каждого варианта, повторность трехкратная. При этом клубни делили на три фракции по наибольшему поперечному диаметру: менее 35 мм, 35-60 мм, более 60 мм и определяли массу и количество клубней в каждой фракции. К семенной фракции согласно ГОСТ 33996-2016 относили клубни размером 35-60 мм; к стандартной части урожая – клубни диаметром более 35 мм (ГОСТ 7176-2017).

Общую урожайность картофеля по вариантам опыта определяли методом сплошной уборки делянок с последующим пересчетом на 1 га; урожайность товарных клубней рассчитывали путем умножения общей урожайности на процент стандартной части урожая. Статистическую обработку полученных данных осуществляли с использованием пакета «Statistika».

Результаты исследований и их обсуждение

Роль биологических мелиорантов заключается, прежде всего, в их положительном воздействии на почву, результатом которого является улучшение условий питания растений [2]. В период уборки картофеля нами были выявлены существенные различия в структуре почвы контрольного и опытных вариантов. В контрольном варианте почва была достаточно плотная, с крупно комковатой структурой, с трудом поддавалась копке, в то время как почва на удобренных вариантах была более рыхлая, имела мелкозернистую структуру и хорошую аэрацию по сравнению с почвой контрольного варианта. Особенно заметны эти изменения были в варианте с внесением мульчи из перьев, где почва была как бы вспушена и легко поддавалась копке. При этом нами было замечено, что основная часть перьевого массы практически разложилась за вегетационный период, и в почве были обнаружены лишь фрагменты стержней маховых перьев.

Улучшение условий питания растений под действием внесенных биомелиорантов оказало положительное действие на продуктивность картофеля и структуру урожая клубней (табл. 2, рис. 3).



Таблица 2 – Влияние биологических мелиорантов на структуру урожая клубней

Вариант опыта	Всего клубней с куста	В т.ч. по наибольшему поперечному диаметру			Содержание стандартных клубней, %
		менее 35 мм	35-60 мм	более 60 мм	
Масса клубней г / %					
Контроль	613,5/100	104,8 /17,1	235,2/38,3	273,5/44,6	82,9
Запашка соломы	692,5/100	103,0/14,9	287,3/41,5	302,2/43,6	85,1
Внесение мульчи из перьев	728,2/100	134,3/18,4	217,5/29,9	376,4/51,7	81,6
НСР ₀₅	34,43				
Количество клубней, шт / %					
Контроль	6,6/100	3,0/45,5	2,2/33,3	1,4/21,2	54,5
Запашка соломы	7,3/100	3,2/43,8	2,9/39,7	1,2/16,5	56,2
Внесение мульчи из перьев	7,6/100	3,4 /44,7	2,3/31,6	1,9/25,0	55,3
НСР ₀₅	0,33				

В опытных вариантах получены достоверные прибавки как по массе, так и по количеству клубней с одного растения. Прибавка в массе клубней составила 12,9 % при запашке соломы и 18,7 % при внесении перьевой мульчи; количество клубней увеличилось по отношению к контролю на 10,6 % и 15,2%, соответственно, по вариантам (табл.2).



а)



б)



в)

Рис. 3 – Урожай клубней с 10 растений контрольного и опытных вариантов, разобранный по фракциям (а – мелиорант 1 – запашка соломы;

б – мелиорант 2 – внесение мульчи из перьев;

в – контроль, без внесения мелиорантов)

(Fig 3 – The harvest of tubers from 10 plants of

the control and experimental variants, sorted by fractions (a - ameliorant 1 - straw plowing; b - ameliorant 2 - application of mulch from feathers;

В - control, without the introduction of ameliorants)

Следует отметить, что неблагоприятные условия вегетационного периода 2022 года, сложившиеся в период формирования и роста клубней, не позволили клубням набрать необходимые размеры и массу, что привело к преобладанию в структуре урожая фракции мелких клубней (диаметром менее 35 мм), количество которых во всех вариантах составляло 43,4-45,5 %. Тем не менее, как видно из приведенных данных, в удобренных вариантах отмечены положительные изменения в структуре урожая. При этом запашка соломы в наибольшей степени повлияла на увеличение доли средней фракции (35-60 мм), в то время как внесение перьевой мульчи больше увеличивало долю крупной фракции (более 60 мм). Это отмечается как по массе, так и по количеству клубней.

В соответствии с ГОСТ 33996-2016 «Картофель Семенной. Технические условия и методы определения качества», клубни размером по наибольшему диаметру 35-60 мм относятся к семенной фракции. Клубни же размером более 60 мм предпочтительнее использовать на продовольственные цели и для переработки на различные картофелепродукты, так как они дают пониженное количество отходов при очистке по сравнению с мелкими и средними клубнями и, соответственно, повышают выход готового продукта [17]. Таким образом, полученные результаты позволяют рекомендовать использование запашки соломы при выращивании семенного картофеля, а внесение мульчи из перьев – при выращивании картофеля на продовольственные цели и переработку на продукты питания.

Повышение продуктивности растений картофеля при использовании биомелиорантов в конечном итоге отразилось на урожайности клубней (табл.3).



Таблица 3 – Общая и товарная урожайность клубней по вариантам опыта

Вариант опыта	Общая урожайность клубней		Урожайность товарных клубней	
	т/га	Отклонения от контроля, ±%	т/га	Отклонения от контроля, ±%
Контроль	32,0	-	26,5	-
Запашка соломы	34,2	+ 6,9	29,1	+9,8
Внесение мульчи из перьев	35,9	+12,2	29,3	+10,6
НСР ₀₅	1,83			

В опытных вариантах получена достоверная прибавка общей урожайности клубней, составившая 6,9 % при запашке соломы и 12,2 % при внесении перьевой мульчи. Также увеличилась и урожайность товарных клубней – на 9,8 % и 10,6 %, соответственно, по вариантам (табл.3).

Заключение

Проведенные исследования экспериментально доказали повышение продуктивности и улучшение структуры урожая клубней картофеля при внесении биомелиорантов. Прибавка в массе клубней с одного растения составила 12,9-18,7 %; количество клубней на растении увеличилось по отношению к контролю на 10,6-15,2 %. Запашка соломы в наибольшей степени повлияла на увеличение доли клубней средней фракции, внесение перьевой мульчи больше увеличивало долю клубней крупной фракции. Общая урожайность клубней увеличилась на 6,9-12,9 %, урожайность товарных клубней – на 9,8-10,6 %. Внесение мульчи из перьев оказало более значимый эффект на все исследованные показатели, чем запашка соломы. При этом данный вид удобрений дает наибольший эффект при выращивании картофеля на продовольственные цели и для переработки на продукты питания.

Вышесказанное говорит о целесообразности использования органических удобрений на основе пухо-перового сырья для повышения плодородия почвы и увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур, и открывает широкие перспективы для дальнейших исследований в этом направлении.

Список источников

1. Лебедева, Т.Б. Использование соломы для улучшения гумусового состояния почв / Т.Б. Лебедева, А.В. Арефьева, А.Н. Арефьев // Нива Поволжья. - 2005. - №1. - С. 12-16. -URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-solomy-dlya-uluchsheniya-gumusnogo-sostoyaniya-pochv>
2. Денисов, Е.П. Эффективность внесения соломы в качестве биомелиоранта / Е.П. Денисов, К.Е. Денисов, Б.З. Шагиев // Нива Поволжья. - 2009. - №2. - С. 12-16. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/solomy-v-biomeliioranta>
3. Платонова, О.В. Урожайность и качество картофеля в зависимости от фона минерального питания, доз навоза и запашки соломы, как мелиоранта, в условиях южной части центрального региона России :дис. канд.с.-х. наук/ Всероссий-

ский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства. Рязань, 2009. - с. 166.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19217176>

4. Матюк, Н.С. Роль сидератов и соломы в стабилизации процессов трансформации органического вещества в дерново-подзолистой почве / Н.С. Матюк, О.В. Селицкая, С.С. Солдатова // Известия ТСХА. - 2013. - №3. - С. 63-74.- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-sideratov-i-solomy-v-stabilizatsii-protseessov-transformatsii-organicheskogo-veschestva-v-derново-podzolistoy-pochve>

5. Зеленев А.В., Семинченко Е.В. Солома - важный фактор биологизации при возделывании зернового сорго на светло-каштановых почвах Волгоградской области //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - №3 (51). - 2018- С. 27-35. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36600038>

6. Органические удобрения как фактор повышения плодородия почвы и эффективности растениеводства / О.В. Савина, В.А. Макаров, О.В. Макарова, Гаспарян С.В. //Вестник РГАТУ. - 2019.-№4. - С. 53-59. - URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskie-udobreniya-kak-faktor-povysheniya-plodorodiya-pochvy-i-effektivnosti-rastenievodstva>

7. Campbell, C.O. Effect of crop rotation and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in the Black Chernozem / C.O. Campbell, V.O. Biederbeck, R.P. Zentner, O.P. Lafond // Can. J. SoilSci. - 1991. - Vol.71. - P. 363-376.

8. Vinogradov D V, Naumtseva K V and Lupova E I 2019 Use of biological fertilizers in white mustard crops in the non-Chernozem zone of Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.-341(1) 012204

9. Bogdanchikov I U, Byshov N V, Bachurin A N and Yesenin M A 2021 Use of straw in organic farming. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 012220.

10. Савина, О.В. Современные подходы к созданию биологизированной системы защиты растений при выращивании и хранении сельскохозяйственных культур/ О.В.Савина, И.С. Питюрина / Сб.: Преступление, наказание, исправление: Материалы IV Международного пенитенциарного форума.- Рязань: Изд-во Академии ФСИН Рос-



сии, 2019. - С. 204-208. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41584077>

11. Кузнецов, Б.А. Товароведение второстепенных видов животного сырья / Б.А. Кузнецов. – М.: Аквариум, 2005. – 148с.

12. Бабич, О.О. Переработка вторичного кератинсодержащего сырья и получение белковых гидролизатов на пищевые и кормовые цели/ О.О. Бабич, И.С. Разумникова, А.Ю. Полетаев, А.И. Морозова// Техника и технология пищевых производств. - 2011. - №2 (21).- с. 21-29 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-vtorichnogokeratinsoderzhashego-syrya-i-poluchenie-belkovyh-gidrolizatov-napishevye-i-kormovye-tseli>

13. Горбачева, М.В. Перо-пуховое сырье - многофункциональный вид материала для различных отраслей народного хозяйства /М.В. Горбачева, О.В. Бобылева// Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности. — М.: Инновации, 2015. — С.105-109. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24368977>.

14. Химический состав и питательная ценность муки из пера и птицебоенских отходов [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <https://www.worldgonesour.ru/netradicionnye-korma...sostav...pera...>

15. Пехота, А.П. Поступление элементов питания с соломой зерновых и зернобобовых культур в дерново-подзолистую супесчаную почву в зависимости от системы удобрения / А.П. Пехота // Почвоведение и агрохимия. - 2014. - №2. - С. 179-185. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36316001>

16. Патент №2137735 РФ, МПК С 05 F 1/00. Способ получения удобрений из органического материала / Ворошилов Б.М., Силин П.Н. - Патентообладатель: ЗАО "ПОРСИЛ Лтд" - №96112531/13; заяв. 18.06.1998; опубл. 20.09.1999 – 4 с.- Режим доступа: freepatent.ru/patents/2137735

17. Савина, О.В. Картофель: интересное об известном / О.В. Савина /Сб.:Качество и безопасность товаров: от производства до потребления: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию возрождения кафедры товароведения и экспертизы товаров. Под научной редакцией В.И. Криштафович. – М.:Изд. РУК, 2019. - С. 417-422.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38498030>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Lebedeva, T.B. *Ispol'zovanie solomy dlya uluchsheniya gumusovogo sostoyaniya pochv* / T.B. Lebedeva, A.V. Aref'eva, A.N. Aref'ev // *Niva Povolzh'ya*. - 2005. - №1. - S. 12-16. - URL: <https://cyber-leninka.ru/article/n/ispolzovanie-solomy-dlya-uluchsheniya-gumusovogo-sostoyaniya-pochv>

2. Denisov, E.P. *Effektivnost' vneseniya solomy v kachestve biomelioranta* / E.P. Denisov, K.E. Denisov, B.Z. SHagiev // *Niva Povolzh'ya*. - 2009. - №2. - S. 12-16.- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n...solomy-v...biomelioranta>

3. Platonova, O.V. *Urozhajnost' i kachestvo kartofelya v zavisimosti ot fona mineral'nogo pitaniya, doz navoza i zapashki solomy, kak melioranta, v usloviyah yuzhnoj chasti central'nogo regiona Rossii :dis. kand.s.-h. nauk/ Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut kartofel'nogo hozyajstva. Ryazan', 2009 .- s. 166.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19217176>*

4. Matyuk, N.S. *Rol' sideratov i solomy v stabilizacii processov transformacii organicheskogo veshchestva v dervno-podzolistoj pochve* / N.S. Matyuk, O.V. Selickaya, S.S. Soldatova // *Izvestiya TSKHA*. - 2013. - №3. - S. 63-74.- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-sideratov-i-solomy-v-stabilizatsii-protseessov-transformatsii-organicheskogo-veschestva-v-dervno-podzolistoy-pochve>

5. Zelenev A.V., Seminchenko E.V. *Soloma – vazhnyj factor biologizacii pri vozdeleyvanii zernovogo sorgo nasvetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti //Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - №3 (51). – 2018- S. 27-35. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36600038>*

6. *Organicheskie udobreniya kak factor povysheniya i plodorodiya pochvy i effektivnosti rastenievodstva* / O.V. Savina, V.A. Makarov, O.V. Makarova, Gasparyan S.V.//*Vestnik RGATU*. - 2019.-№4. – S. 53-59. - URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskie-udobreniya-kak-faktor-povysheniya-plodorodiya-pochvy-i-effektivnosti-rastenievodstva>

7. Campbell, C.O. *Effect of crop rotation and cultural practices on soil organic matter, microbial bio-mass and respiration in the Black Chernozem* / C.O. Campbell, V.O. Biederbeck, R.P. Zentner, O.P. Lafond // *Can. J. Soil Sci.* - 1991. - Vol.71. - P. 363-376.

8. Vinogradov D V, Naumtseva K V and Lupova E I 2019 *Use of biological fertilizers in white mustard crops in the non-Chernozem zone of Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.*–341(1) 012204

9. Bogdanchikov I U, Byshov N V, Bachurin A N and Yesenin M A 2021 *Use of straw in organic farming. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 624 012220.

10. Savina, O.V. *Sovremennye podhody k sozdaniyu biologizirovannoj sistemy zashchity ras-tenij*



pri vyrashchivanii i hranenii sel'skohozyajstvennykh kul'tur/ O.V.Savina, I.S. Pityurina / Sb.: Prestuplenie, nakazanie, ispravlenie: Materialy IV Mezhdunarodnogo penitentsiarnogo foruma.- Ryazan': Izd-vo Akademii FSIN Rossii, 2019. - S. 204-208. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41584077>

11. Kuznecov, B.A. Tovarovedenie vtorostepennykh vidov zhivotnogo syr'ya / B.A. Kuznecov. – M.: Akvarium, 2005. – 148s.

12. Babich, O.O. Pererabotka vtorichnogo keratinsoderzhashchego syr'ya i poluchenie belkovykh gidrolizatsionnykh pishchevykh i kormovykh cel' / O.O. Babich, I.S. Razumnikova, A.YU. Poletaev, A.I. Morozova // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. - 2011. - №2 (21).- s. 21-29 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-vtorichnogokeratinsoderzhashchego-syr'ya-i-poluchenie-belkovykh-gidrolizatsionnykh-pishchevykh-i-kormovykh-tseli>

13. Gorbacheva, M.V. Pero-puhovoesyr'e - mnogofunktsional'nyy vid materiala dlya razlichnykh otraslej narodnogo hozyajstva / M.V. Gorbacheva, O.V. Bobyleva // Dizajn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noj i legkoproмышlennosti. — M.: Innovatsii, 2015. — S.105-109. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24368977>.

14. Himicheskij sostav i pitatel'naya cennost' muki iz pera i pticeboenskiy othodov [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.world.gonesour.ru/netradicionnye-korma...sostav...pera...>

15. Pekhota, A.P. Postuplenie elementov pitaniya s solomoi zernovykh i zernobobovykh kul'tur v dervno-podzolistuyu usupeschanuyu pochvu v zavisimosti ot sistemy udobreniya / A.P. Pekhota // Pochvovedenie i agrokhimiya. - 2014. - №2. - S. 179-185. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36316001>

16. Patent №2137735 RF, MPK S 05 F 1/00. Sposob polucheniya audobreniy iz organicheskogo materiala / Voroshilov B.M., Silin P.N. - Patentobladatel': ZAO "PORSIL Ltd" - №96112531/13; zayav. 18.06.1998; opubl. 20.09.1999 – 4 s. - Rezhim dostupa: freepatent.ru/patents/2137735

17. Savina, O.V. Kartofel': interesnoe obizvestno / O.V. Savina / Sb.: Kachestvo i bezopasnost' tovarov: ot proizvodstva do potrebleniya: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 60-letiyu vrozhdeniya kafedry tovarovedeniya i eksper-tizy tovarov. Pod nauchnoy redaktsiej V.I. Krishtafovich. – M.: Izd. RUK, 2019. - S. 417-422. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38498030>

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

Савина Ольга Васильевна, д-р с.-х. наук, профессор кафедры экономики и менеджмента, ФКОУ ВО «Академия права и управления федеральной службы исполнения наказаний» (Академия ФСИН России), г. Рязань, savina-999@mail.ru

Платонова Ольга Валерьевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры экономической теории, географии и экологии, ФКОУ ВО «Академия права и управления федеральной службы исполнения наказаний» (Академия ФСИН России), г. Рязань, platva-82@mail.ru

Author Information

Savina Olga V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Economics and Management, the Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, savina-999@mail.ru

Platonova Olga V. Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Economic Theory, Geography and Ecology, the Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, platva-82@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10.11.2022; одобрена после рецензирования 07.12.2022.; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 10.11.2022; approved after reviewing 07.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №4, с. 55-64
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 55-64

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.2.053:615
DOI: 10.36508/RSATU.2022.41.37.009

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЗИВА КОРОВ НА ФОНЕ ИММУНОКОРРЕКЦИИ

Владимир Григорьевич Семенов¹✉, Елена Павловна Симурзина², Роман Сергеевич Караулов³, Дарья Эдуардовна Бирюкова⁴

Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия

¹semenov_v.g@list.ru

²gra92gra@gmail.com

³rkaraulov@kpiagro.ru

⁴kafmorf@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящей работы явилась оценка влияния иммуностимулирующих препаратов Salus-P-E и Bovistim-K на качество молозива и иммунный статус телят после выпойки молозива.

Методология. Научно-исследовательская работа проведена на коровах-первотелках голштинской породы. Было подобрано три группы глубокоостельных коров по принципу групп-аналогов по 10 животных в каждой. Коровам 1-й опытной группы внутримышечно в среднюю треть шеи инъецировали Salus-P-E в дозе 10 мл трехкратно за 60, 30 и 15 суток до предполагаемой даты отела, 2-ой опытной группы – Bovistim-K в те же сроки и дозе, в контрольной группе биопрепараты не использовали. Отбор проб молозива проводили двукратно: в течение 60 минут после отела и через 24 часа после отела. Во второй серии опыта изучали клинико-физиологическое состояние и показатели крови новорожденных телят после выпойки молозива.

Результаты. Молозиво коров 1-й и 2-й опытных групп содержало больше иммуноглобулинов, чем контрольные пробы на 23,8 и 27,67 г/л; общего белка – на 3,08 и 3,32 %; уровень казеинов – на 0,34 и 0,22 % соответственно. На фоне иммунокоррекции организма глубокоостельных коров-матерей происходит увеличение количества гемоглобина, общего белка, резервной щелочности и определенные изменения соотношения белковых фракций крови новорожденных телят. В первые сутки жизни установлено повышение в сыворотке крови телят 1 и 2 опытных групп по сравнению с контролем: альбуминов на 7,9 и 8,4 %; α-глобулинов – на 18,6 и 15,7 %, β-глобулинов – на 22,1 и 16,9 %, γ-глобулинов на 24,4 и 21,4 % соответственно. Выпойка качественного молозива (показатель Брикс свыше 24) способствовала повышению среднесуточных приростов у телят 1-й и 2-й опытных групп на 18,2 и 20,2 %.

Заключение. Применение иммуностимулирующих препаратов Salus-P-E и Bovistim-K повышает иммунокомпетентные свойства молозива, что способствует формированию в организме новорожденных телят высокого уровня колострального иммунитета, снижая заболеваемость и улучшая показатели роста и сохранности, при более выраженном соответствующем эффекте Bovistim-K.

Ключевые слова: коровы, молозиво, иммуноглобулины, телята, Salus-P-E и Bovistim-K

Для цитирования: Семенов В. Г., Симурзина Е. П., Караулов Р. С., Бирюкова Д. Э. Качественные показатели молозива коров на фоне иммунокоррекции // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С 55-64 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.41.37.009>

AGRICULTURAL SCIENCES

Original article

QUALITATIVE INDICATORS OF COLOSTER OF COWS AFTER IMMUNOCORRECTION

Vladimir G. Semenov¹✉, Elena P. Simurzina², Roman S. Karaulov³, Daria E. Biryukova⁴

Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

¹semenov_v.g@list.ru

²gra92gra@gmail.com

³rkaraulov@kpiagro.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The aim of this work was to evaluate the effect of immunostimulating drugs Salus-P-E and Bovistim-K on the quality of colostrum and the immune status of calves after drinking colostrum.

Methodology. Research work was carried out on first-calf heifers of the Holstein breed. Three groups of deep-calving cows were selected according to the principle of analogue groups of 10 animals each. Cows of the 1st experimental group were injected intramuscularly in the middle third of the neck with Salus-P-E at a dose of 10 ml three times 60, 30 and 15 days before the expected date of calving, the 2nd experimental group - Bovistim-K at the same time and dose, in the control group, biological preparations were not used. Colostrum sampling was carried out twice: within 60 minutes after calving and 24 hours after calving. In the second series of experiments, we studied the clinical and physiological state and blood parameters of newborn calves after drinking colostrum.

Results. Colostrum of cows of the 1st and 2nd experimental groups contained more immunoglobulins than control samples by 26.9 and 31.2%; total protein - by 3.08% and 3.32%; the level of caseins - by 0.34 and 0.22%, respectively. Against the background of immunocorrection of deep-calving mother cows, there is an increase in the amount of hemoglobin, total protein, reserve alkalinity and certain changes in the ratio of protein fractions of the blood of newborn calves. In the first day of life, an increase in serum immunoglobulins in the 1st and 2nd experimental groups compared with the control was established: albumins by 7.9 and 8.4%; α -globulins - by 18.6 and 15.7%, β -globulins - by 22.1 and 16.9%, γ -globulins by 24.4 and 21.4%; respectively. Drinking high-quality colostrum (Brix over 24) contributed to an increase in average daily gains in calves of the 1st and 2nd experimental groups by 18.2 and 20.2%.

Conclusion. The use of immunostimulating drugs Salus-P-E and Bovistim-K increases the immunocompetent properties of colostrum, which contributes to the formation in the body of newborn calves of a high level of.

Key words: cows, colostrum, immunoglobulins, calves, Salus-P-E, Bovistim-K

For citation: Semenov V. G., Simurzina E. P., Karaulov R. S., Biryukova D. E. Qualitative indicators of colostrum of cows after immunocorrection. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; 14(4). С 55-64 in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.41.37.009>

Введение

Эффективная система выращивания ремонтных телок имеет решающее значение для устойчивости и экономики молочных ферм. Неонатальные заболевания, такие как диарея и пневмония, влияют на экономические показатели из-за затрат, связанных с потерей телят, лечением и дальнейшим негативным воздействием на воспроизводительные функции телок [7, 12].

Согласно литературным данным заболевания желудочно-кишечного тракта поражают от 25 до 55 % новорожденных телят, а болезни органов дыхания 14 -25 % [1, 2].

В связи с тем, что иммунная система новорожденных телят несформированная, единственным действенным средством защиты от заболеваний является пассивная передача иммуноглобулинов при выпойке молозива [6, 8].

Доказано, что потребление качественного молозива в течение первых часов жизни оказывает влияние на реализацию биоресурсного потенциала телят в дальнейшем, а именно повышает усвояемость питательных веществ кормов, снижает возраст первотелок и улучшает надои молока в первую лактацию [15]. Молозиво является основным источником защитных иммуноглобулинов, лизоцима, функционально активных лейкоцитов и лимфоцитов. В первые шесть часов жизни стенки кишечника обладают наилучшей проходимостью для антител. После этого проходимость кишечника резко снижается, а через сутки и вовсе прекращается. Теленок, получавший 200 г Ig, считается оптимально обеспеченным. Уровень IgG = 50 г/л соответствует рекомендуемому 4 литрам молозива, а если же ниже, то объем выпойки молозива

должен быть больше.

Однако, существует множество факторов, определяющих качество молозива. Многочисленные исследования доказывают влияние количества лактаций на IgG в молозиве. Коровы старше трех лактаций производят больше IgG из-за длительного контакта с специфическими для ферм микроорганизмами [3, 5, 9]. Существует понятие «эффект разбавления», который приводит к значительному снижению иммуноглобулинов за счет увеличения объема молозива. Данное явление наблюдается при увеличении времени от отела до первого доения [11]. Количество молозива при первом доении также оказывает влияние на уровень иммунокомпетентных клеток в его составе. Conneely et al. (2013) отметили снижение IgG на 1,7 г/л, когда количество молозива увеличилось на 1 кг [4].

Цель исследования – оценка влияния иммуностимулирующих препаратов Salus-P-E и Bovistim-K на качество молозива и иммунный статус телят после выпойки молозива.

Материалы и методы исследования

Научно-производственный эксперимент проведен на базе животноводческого комплекса Чувашской Республики, Россия, а обработка полученных данных произведена на базе лабораторий Чувашского государственного аграрного университета. Первая серия опытов заключалась в определении количественных и качественных показателей молозива от коров на фоне иммунокоррекции отечественными биопрепаратами. Объектами исследований стали первотелки голштинской, по 10 голов в каждой группе. Было подобрано 3 группы животных с учетом их клинико-физиологического



состояния, возраста и живой массы.

Коровам 1-ой опытной группы внутримышечно в среднюю треть шеи инъектировали Salus-P-E в дозе 10 мл трехкратно за 60, 30 и 15 суток до предполагаемой даты отела, 2-ой опытной группы – Bovistim-K в те же сроки и дозе, в контрольной группе биопрепараты не использовали. Отбор проб молозива проводили двукратно: в течение 60 минут после отела и через 24 часа после отела.

Во второй серии исследований изучали заболеваемость, сохранность, морфологические, биохимические и иммунобиологические показатели крови новорожденных телят после выпойки молозива. Новорожденные телята делились на группы в соответствии с коровами-матерями.

Телят после рождения позволяли вылизывать коровам-матерям и после этого изолировали в индивидуальные боксы под лампы для сушки. В течение 30 минут после рождения проводили взвешивание, затем выпаивали первую порцию материнского молозива 4 л с зондом. Дальнейшая выпойка проводилась с помощью соски по 2,5-3 л 3 раза в сутки. Применение зонда обусловлено неспособностью телят самостоятельно потребить молозиво объемом 4 л. Телята голштинской породы имели среднюю живую массу при рождении 37,4 кг, согласно принятым нормам им необходимо получить первую порцию молозива не менее 10% от своей массы. Для правильной выпойки зондом нужно соблюдать технику: катетер со шлангом осторожно ввести через ротовую полость и пищевод в нижний отдел желудка – «сычуг» до упора. Емкость с молозивом приподнять на 70 – 80 см выше головы теленка. Путем естественного истечения молозиво попадает в сычуг. Пробы крови были отобраны у телят в 1-е, 3-и и 7-е сутки жизни.

С целью повышения качества молозива и иммунного статуса телят мы применяли препараты Salus-P-E и Bovistim-K. Организация-разработчик – Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия.

Salus-P-E – комплексный препарат для стимуляции неспецифической резистентности организма, реализации воспроизводительных качеств коров и продуктивного потенциала телят, представляет собой суспензию водную, содержащую комплекс полисахаридов дрожжевых клеток *saccharomyces cerevisiae*, иммобилизованных в

геле агаровом с добавлением производного бензимидазола и бактерицидного препарата энрофлоксацина.

Bovistim-K – комплексный препарат для стимуляции неспецифической резистентности организма, реализации воспроизводительных качеств коров и продуктивного потенциала телят, представляет собой суспензию водную, содержащую комплекс полисахаридов дрожжевых клеток *saccharomyces cerevisiae*, иммобилизованных в геле агаровом с добавлением производного бензимидазола и β -каротина.

Исследования проведены с использованием следующих методик:

- зоотехнических – определяли живую массу и среднесуточный прирост животных ежемесячным взвешиванием на электронных весах, модель ВСП4-1000.2 Ж;

- ветеринарных – общий анализ крови (эритроциты, гемоглобин, лейкоциты) проводили на автоматическом гематологическом анализаторе PCE 90 Vet;

- биохимических – уровень общего белка и его фракции, глюкозы, кальция, щелочного резерва измеряли автоматическим биохимическим и иммуноферментным анализатором «Chem Well Combo»;

- иммунологических – плотность молозива и показатель Брикс определяли рефрактометром MISCO модель PA202. Уровень иммуноглобулинов в крови по классам определяли при помощи анализаторов StatFax 303+.

- ветеринарно-санитарных – содержание жира, белка, сухого вещества, плотность, лактозу определяли автоматизированным измерительным прибором «Лактан 700»; содержание кальция в молозиве и молоке – титриметрическим методом ГОСТ 12081- 2013; казеин – рефрактометрическим методом на рефрактометре ИРФ-464; количественное содержание белковых фракций методом денситометрирования полученных фореграмм на микрофотометре ИФО-451.

Цифровые данные исследований были обработаны методом вариационной статистики на достоверность различия сравниваемых показателей ($P < 0,05-0,001$) с использованием программного комплекса Microsoft Office Excel 2007.

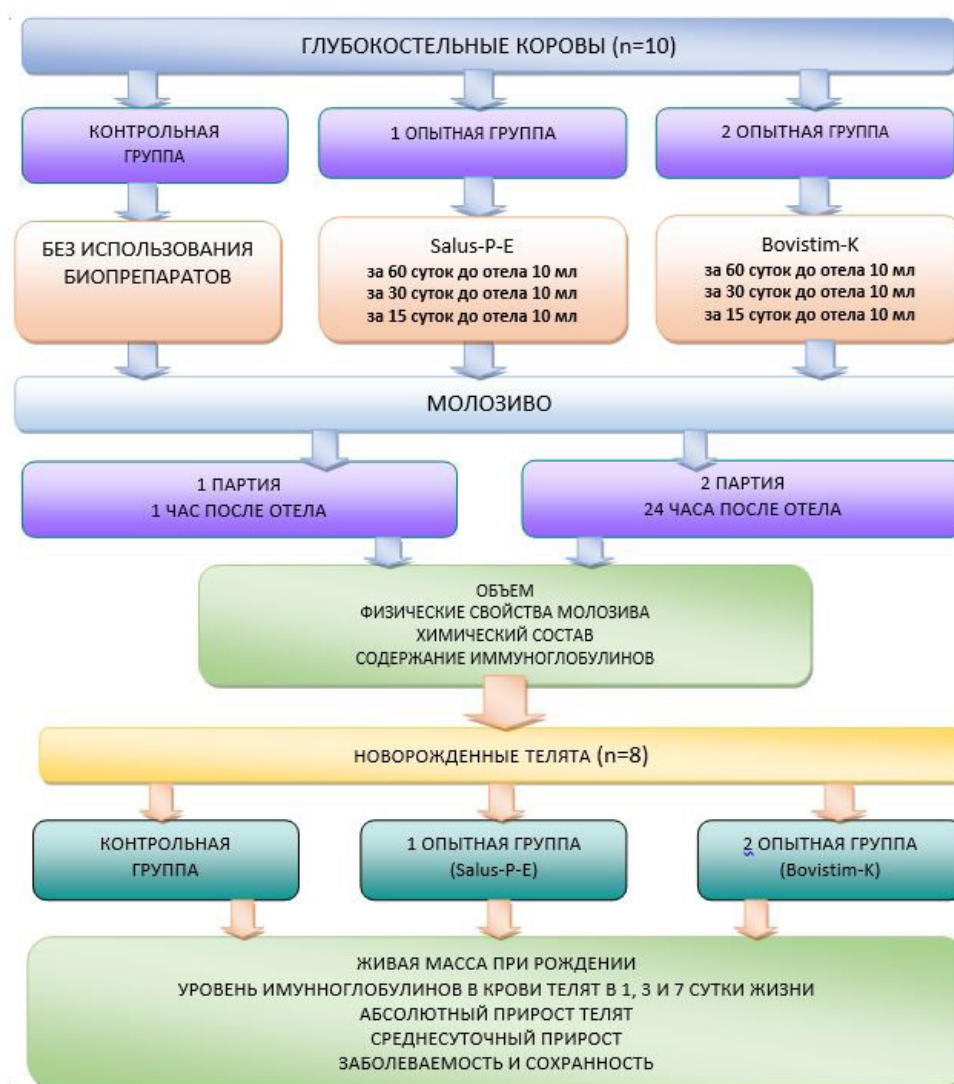


Рис. 1 – Схема опыта
(Fig. 1 – Scheme of experience)

Результаты исследований и их обсуждение

В таблице 1 приведена оценка физических и химических показателей молозива от коров-первотелок на фоне применения разработанных препаратов.

Таблица 1 – Физико-химическая характеристика молозива

Показатель	Группа животных					
	Контрольная		Salus-P-E		Bovistim-K	
	1 час после отела	24 часа после отела	1 час после отела	24 часа после отела	1 час после отела	24 часа после отела
Количество молозива, л	7	7	7	7	7	7
Показатель Брикс, %	24,4	20,6	29,4	26,5	30,3	27,7
Плотность молозива, г/см ³	1,065±0,14	1,052±0,12	1,074±0,10*	1,063±0,13*	1,073±0,19*	1,064±0,11*
Кислотность, pH	6,32	6,27	6,31	6,24	6,32	6,26
Сухое вещество, %	22,4±0,74*	17,6±0,48**	23,9±0,92**	21,5±0,88**	23,7±0,85**	20,5±0,67*
Зола, %	0,95±0,07	0,89±0,01	1,08±0,05	0,96±0,06	1,10±0,03	0,95±0,12
Общий белок, %	13,28±0,16***	7,13±0,12	16,36±0,11***	9,68±0,09*	16,60±0,10**	8,45±0,18*



Продолжение таблицы 1

Казеин, %	3,78±0,09*	3,23±0,06	4,12±0,07*	4,00±0,05*	4,2±0,05*	3,94±0,08*
Альбумины, %	0,9±0,06	0,9±0,02	1,3±0,03	1,17±0,08	1,25±0,05*	1,11±0,12
Иммуноглобулины, г/л	88,72±0,48	41,33±0,32	112,56±0,44	54,10±0,57	116,39±0,53	56,56±0,27
Ig G	62,50±0,58	32,15±0,47	76,66±0,57**	38,36±0,18	76,79±0,64**	37,24±0,29
Жир, %	5,23±0,08	4,17±0,06	5,68±0,08*	4,85±0,11	5,4±0,19*	4,72±0,10
Лактоза, %	2,3±0,03	2,8±0,06	2,3±0,02	2,7±0,11	2,4±0,06	2,6 ±0,11
Ca, %	0,25	0,16	0,31	0,23	0,33*	0,24

* – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$

Результаты анализа проб молозива свидетельствуют о благоприятном влиянии разработанных биопрепаратов на физико-химические характеристики молозива. Молозиво коров 1 и 2 опытных групп содержит больше питательных веществ и иммуноглобулинов по сравнению с контролем. Плотность молозива, отобранного в течение первого часа после отела, в опытных образцах составила $1,065 \pm 0,14$ г/см³ (контрольная группа), $1,074 \pm 0,10$ г/см³ (1-я опытная группа) и $1,073 \pm 0,19$ г/см³ (2-я опытная группа). Молозиво коров 1-й и 2-й опытных групп содержало больше иммуноглобулинов, чем контрольные пробы на 23,8 и 27,67 г/л. Спустя 24 часа после отела в пробах молозива отмечается значительное снижение количества Ig (в 2 раза) и, как следствие, происходит уменьшение плотности. При этом изучаемые показатели оставались выше в 1 и 2 опытных группах, нежели в контроле.

Содержание общего белка в молозиве животных 1-й опытной группы было выше, чем в контрольной на 3,08 %, 2-й – на 3,32 %.

Плотность молозива менее 1,040 г/см³ свидетельствует о низком содержании иммуноглобулинов и не пригодна для выпойки телятам. При плотности 1,041–1,050 г/см³ в молозиве содержится 45–54 % Ig, что считается средним качеством. При плотности 1,051–1,060 г/см³ уровень Ig=55–60 %, самым качественным молозивом считается молозиво с плотностью 1,061–1,080 г/см³, которое содержит 66–80 % за-

щитных белков.

В динамике лактозы достоверных различий не выявлено.

Основными фракциями белков молозива являются казеины, альбумины и глобулины. Казеины выполняют энергетическую и питательную функции организма новорожденного, альбумины обеспечивают рост и развитие, а глобулины – защиту от воздействия патогенной микрофлоры.

Уровень казеиновой фракции белка молозива у животных 1-й и 2-й опытных групп был выше, чем в контрольной на 0,34 и 0,22 % соответственно. В молозиве коров опытных групп (в первой партии) отмечено достоверное увеличение альбуминов на 0,4 % – 1-я опытная и 0,35 % – 2-я опытная, нежели в контроле.

Из иммуноглобулинов у коров в молозиве содержится в основном IgG, который проникает из сыворотки крови через альвеолярный эпителий молочной железы в последние дни 3-го триместра стельности и достигает максимальных значений в первые 3–4 дня после отела.

В ходе анализа морфологического состава крови телят подопытных групп существенных различий не установлено (Таблица 2). Однако достоверная разница отмечена в концентрации гемоглобина. Телята опытных групп превосходили контрольных сверстников по данному показателю в течение всего опыта, в первые сутки жизни – на 1,9–6,7 %, на 7-е сутки – на 8,5–9,8 %.

Таблица 2 – Морфологические и иммунобиохимические показатели крови новорожденных телят

Показатель	Период наблюдения		
	1 сутки жизни	3 сутки жизни	7 сутки жизни
Контрольная группа			
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	7,64±0,13	7,88±0,24	7,92±0,19
Гемоглобин, г/л	108,5±1,34	110,2±1,18	111,4±1,49**
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	8,12±0,27	9,06±0,15	9,62±0,75
Общий белок, %	62,1±0,67	62,8±0,43	63,0±0,33
Альбумины, г/л	20,3±2,8	21,4±3,1	22,0±1,8



Продолжение таблицы 2

α-глобулины, г/л	10,2±0,6	10,8±0,3	12,5±0,3
β-глобулины, г/л	7,7 ±0,8	8,2 ±1,7	8,9 ±1,7
γ-глобулины, г/л	13,1±1,2*	13,8±1,0	14,7±1,0
Ig G+A	11,05±0,55	13,16±0,57	12,95 ± 0,03
Ig M	1,46 ± 0,13	1,79 ± 0,11	1,38 ± 0,03
Глюкоза, ммоль/л	2,71 ± 0,03	2,78 ± 0,03	2,92 ± 0,06
Щелочной резерв, об%CO ₂	48,2±1,05	49,4±0,96	51,6±0,53**
Общий кальций, ммоль/л	2,16±0,07	2,22±0,08	2,32±0,08
1-ая опытная группа, Salus-P-E			
Эритроциты, x10 ¹² /л	7,85±0,1	8,29±0,24	8,84±0,32
Гемоглобин, г/л	115,8±1,95	119,5±1,34**	122,3±1,08
Лейкоциты, x10 ⁹ /л	8,01±0,45	8,33±0,32	8,16±0,13
Общий белок, %	65,6±0,78*	66,8±0,44*	67,4±0,67
Альбумины, г/л	21,9±1,5	23,0±2,2	24,1±3,3**
α-глобулины, г/л	12,1±0,9	13,0±1,5	13,4±0,9
β-глобулины, г/л	9,4 ±1,0	10,1±0,7	11,2±1,0
γ-глобулины, г/л	16,3±1,1	16,9±1,2	17,8±1,5
Ig G+A	14,48±0,64	16,64±0,39*	15,75±0,31
Ig M	1,58±0,64	1,72±0,28	1,65±0,33
Глюкоза, ммоль/л	2,86 ± 0,05	3,03 ± 0,04	3,11 ± 0,04*
Щелочной резерв, об%CO ₂	49,6±1,05	50,7±0,84*	52,2±0,79**
Общий кальций, ммоль/л	2,48±0,09*	2,65±0,10	2,72±0,16
2-ая опытная группа, Bovistim-K			
Эритроциты, x10 ¹² /л	8,05±0,17	8,36±0,28	8,70±0,14
Гемоглобин, г/л	110,6±1,57*	117,0±2,05	120,9±1,64*
Лейкоциты, x10 ⁹ /л	7,89±0,55	8,11±0,13	8,00±0,44
Общий белок, %	63,8±0,52	65,6±0,36*	67,0±0,89
Альбумины, г/л	22,0±1,8	23,0 ±2,8	23,8±1,7
α-глобулины, г/л	11,8±1,6	12,5±1,4	13,1±0,3
β-глобулины, г/л	9,0 ±0,8	9,3±0,6	9,7 ±0,6
γ-глобулины, г/л	15,9±1,3	16,4±0,8	17,0±1,2
Ig G+A	14,15±0,26	16,06±0,31*	15,42±0,48*
Ig M	1,50±0,17	1,66±0,63	1,54±0,38
Глюкоза, ммоль/л	2,90 ± 0,09	3,00 ± 0,09	3,09 ± 0,08*
Щелочной резерв, об%CO ₂	49,8±1,055*	51,1±0,96	52,2±1,16**
Общий кальций, ммоль/л	2,43±0,15	2,60±0,22*	2,71±0,17

* – P<0,05; ** – P<0,01

Результаты биохимических исследований крови показали, что с возрастом у телят происходят нарастание количества общего белка, резервной щелочности и определенные изменения соотношения белковых фракций.

При оценке иммунного статуса телят в первые сутки жизни мы установили повышение в сыворотке крови животных 1 и 2 опытных групп по сравнению с контрольной: альбуминов на 7,9 и 8,4 %; α-глобулинов – на 18,6 и 15,7 %, β-глобулинов – на 22,1 и 16,9 %, γ-глобулинов на 24,4 и 21,4 % соответственно. Следовательно, инъекционные стельным коровам препараты Salus-P-E и Bovistim-K способствуют повышению уровня коло-

стрального иммунитета у полученных от них телят.

Высокий уровень глюкозы у новорожденных телят служит основным источником энергии в процессе развития жвачных животных и должен оставаться таковым до тех пор, пока рубец полностью не начнет функционировать [10]. В первые сутки жизни у телят, получавших молозиво от коров после применения биопрепаратов, отмечается достоверное превосходство по уровню глюкозы – на 5,5-7,0 %, на 7 сутки жизни – на 5,8-6,5 %, по сравнению с контролем.

Динамика изменения живой массы и среднесуточных привесов молодняка на фоне применения биопрепаратов представлена на рисунках 2 и 3.

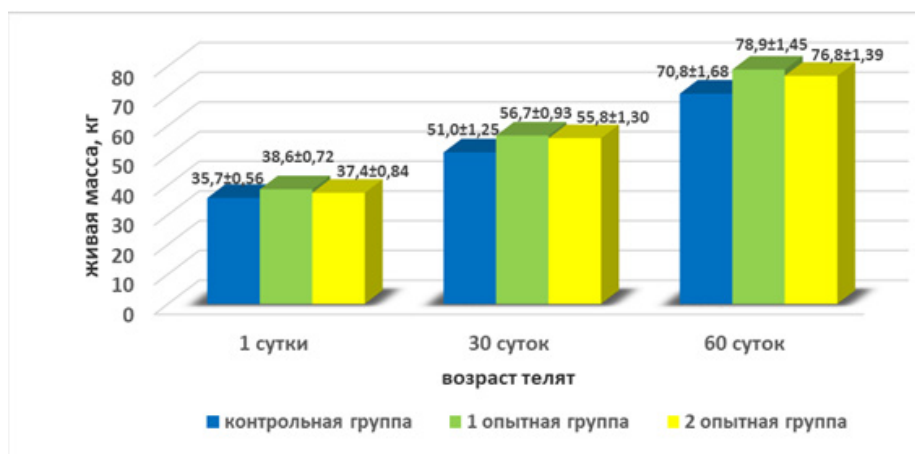


Рис. 2 – Динамика роста телят
(Fig.2 – Growth dynamics of calves)

Средняя живая масса телят голштинской породы при рождении составила 35,7±0,56 кг в контрольной группе, 38,6±0,72 кг в 1-ой опытной, 37,4±0,84 кг во 2-ой опытной, таким образом, теля-

та 1-й опытной группы превосходили по данному показателю животных контрольной и 2-й опытной групп на 8,1 и 4,8 % соответственно.

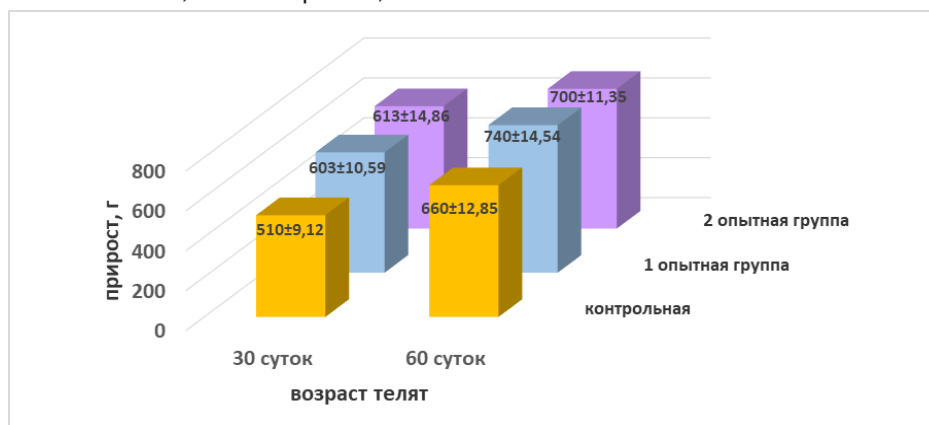


Рис. 3 – Среднесуточный прирост телят
(Fig. 3 – Average daily growth of calves)

В 30-суточном возрасте живая масса телят, матерям которых инъецировали препарат Salus-P-E, составила 56,7±0,93 кг, а среднесуточный прирост – 603±10,59 г. Телята второй опытной группы достигли в месячном возрасте 55,8±1,30 кг, динамика их роста была не сколько выше и составила 613±14,86 г. В двухмесячном возрасте живая масса телят 1-й опытной группы составила 78,9±1,45 кг при среднесуточном при-

росте 740±14,54 г, а 2-й опытной – 76,8±1,39 кг и 700±11,35 г, что также было достоверно выше, чем у контрольных животных. Живая масса телят на втором месяце жизни в 1-й и 2-й опытных группах превосходила контрольные значения на 11,4 и 8,5% соответственно.

В таблице 3 приведены данные по заболеваемости подопытных телят.

Таблица 3 – Заболеваемость и сохранность телят

Показатель	Группа животных					
	Контрольная		1 опытная Salus-P-E		2 опытная Bovistim-K	
	n	%	n	%	n	%
Количество телят в начале исследования, голов	8	100	8	100	8	100
Случаи заболевания, голов	5	62,5	2	25,0	2	25,0
В том числе:						
гастроэнтериты, диспепсии	4	50,0	2	25,0	2	25,0
бронхиты, бронхопневмонии	1	12,5	-	-	-	-



Продолжение таблицы 3

Падеж, гол.	1	12,5	-	-	-	-
Количество телят в конце исследования, голов	7	87,5	8	100	8	100
Сохранность, %	87,5		100		100	

Превосходство животных опытных групп по показателям интенсивности роста обусловлено высокой заболеваемостью контрольных телят. За весь период наблюдения нами зарегистрировано 9 случаев заболевания (5 из них в контрольной группе). В большей степени распространены болезни желудочно-кишечного тракта. Заболевания телят возникали преимущественно в первый месяц жизни. В контрольной группе пал один теленок с токсической формой диспепсии. В опытных группах сохранность составила 100 %, в контрольной – 87,5 %.

Ссылаясь на полученные результаты, можно заключить, что применение иммуностимулирующих препаратов Salus-P-E и Bovistim-K повышает иммунокомпетентные свойства молозива, что способствует формированию в организме новорожденных телят высокого уровня колострального иммунитета, при большем соответствующем эффекте препарата Bovistim-K, содержащего про-витамины А.

Заключение

Молозиво коров-первотелок не всегда содержит достаточный уровень Ig, поэтому целесообразно использовать иммуностимулирующие препараты для повышения ценности молозива. Так, на фоне применения биопрепаратов нами установлено достоверное увеличение СВ молозива – на 1,5 и 1,3 %; общего белка молозива – на 3,08 и 3,32 %; иммуноглобулинов – на 26,9 и 31,2 %, кальция – на 0,06 и 0,08 %; жира – на 0,45 и 0,17 %.

В первые сутки жизни телят установлено повышение в сыворотке крови 1 и 2 опытных групп по сравнению с контролем: альбуминов на 7,9 и 8,4 %; α-глобулинов – на 18,6 и 15,7 %, β-глобулинов – на 22,1 и 16,9 %, γ-глобулинов на 24,4 и 21,4 % соответственно.

Выпойка качественного молозива (показатель Брикс выше 24) способствовало повышению среднесуточных приростов у телят 1-й и 2-й опытных групп на 18,2 и 20,2 %. Телята 1-й и 2-й опытных групп превосходили по живой массе на втором месяце жизни контрольных сверстниц на 11,4 и 8,5% соответственно. В контрольной группе заболеваемость телят составила 62,5 %, в 1-й и 2-й опытных – 25,0 %, а сохранность – 87,5 % в контроле и 100 % в опытных группах.

Таким образом, биопрепараты Salus-P-E и Bovistim-K дают возможность вырастить здоровых ремонтных телок за счёт повышения пассивного колострального иммунитета и снижения заболеваемости в ранний постнатальный период. Наиболее высокие показатели эффективности выявлены при применении Bovistim-K. Действие препарата основано на свойствах его компонентов активизировать обменные процессы в организме

через гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему и способности повышать барьерную функцию слизистых оболочек за счет витамина А.

Список источников

1. Белко, А.А. Структура заболеваемости животных незаразными болезнями / А.А. Белко, Г.Э. Дремач, М.С. Мацинович // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2022. – № 1(16). – С. 3-6.
2. Оздемиров, А.А. Распространенность и структура желудочно-кишечных болезней телят в условиях Прикаспийского региона / А.А. Оздемиров // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 11-1. – С. 129-133.
3. Chuck, G.M. Factors affecting colostrum quality in Australian pasture based dairy herds / G.M. Chuck, P.D. Mansell, M.A. Stevenson, M. M. Izzo, // Australian veterinary journal, 2017. - 95(11). - 421-426.
4. Conneely, M. Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows / M. Conneely, D.P. Berry, R. Sayers., J.P. Murphy, I. Lorenz, M.L. Doherty, E. Kennedy // Animal.- 2013. -7(11). - 1824-1832.
5. Denholm, K.S. Factors associated with colostrum quality in individual cows from dairy herds in the Waikato region of New Zealand. / K.S. Denholm, S. McDougall, G. Chambers, W. Clough // New Zealand veterinary journal. - 2018. - 66(3).- 115-120.
6. Godden S. Colostrum management for dairy calves / S. Godden // Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. - 2008. - T. 24. - №. 1. - С. 19-39.
7. Heinrichs, A. J. A prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd / A. J. Heinrichs, B.S. Heinrichs// Journal of dairy science. - 2011. - T. 94. - №. 1. - С. 336-341.
8. Larson, B.L. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland / B.L. Larson, Jr. Heary, J. E. Devery // Journal of Dairy Science. 1980. - 63(4).- 665-671.
9. Phipps, A.J. Factors associated with colostrum immunoglobulin G concentration in northern Victorian dairy cows / A.J. Phipps, D.S. Beggs, A.J. Murray, P.D. Mansell, M.F. Pyman // Australian veterinary journal. – 2017. - 95(7).-237-243.
10. Quigley, J.D. Changes in blood glucose, nonesterified fatty acids, and ketones in response to weaning and feed intake in young calves / J.D. Quigley // Journal of Dairy Science.- 1991. -74(1). - 250-257.
11. Reschke, C. Factors associated with colostrum quality and effects on serum gamma globulin concentrations of calves in Swiss dairy herds / C. Reschke, E. Schelling, A. Michel, F. Remy



Wohlfender, M. Meylan // *Journal of veterinary internal medicine*, 2017. - 31(5).- 1563-1571.

12. Semenov V. Prevention of transport stress in imported heifers improves their health status and their productive parameters / V. Semenov, R. Mudarisov, G. Larionov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference, AgroScience 2019*. – Cheboksary, 2020. – P. 012025. – DOI 10.1088/1755-1315/433/1/012025.

13. Semenov, V. Veterinary and hygienic methods of directed reproduction in formation of healthy herds of cows / V. Semenov, A. Maykotov, S. Kondruchina // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, – Cheboksary, 2021. – P. 012021. – DOI

10.1088/1755-1315/935/1/012021.

14. Shivley, C.B. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves/ C.B. Shivley, J. Lombard, N. J. Urie, D. M. Haines, R. Sargent, C. A. Kopral, F.B. Garry // *Journal of dairy science*. – 2018. - 101(10).- 9185-9198.

15. Soberon, F. Raffrenato, E., Everett, R.W., & Van Amburgh, M. E. Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves / F. Soberon, E. Raffrenato, R.W. Everett, M.E. Van Amburgh // *Journal of Dairy Science*. - 2012. - T. 95. - №. 2. - C. 783-793.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Belko, A.A. *Struktura zbolevalnosti zivotnyh nezaraznymi boleznyami* / A.A. Belko, G.E. Dremach, M.S. Macinovich // *Veterinarnyj zhurnal Belarusi*. – 2022. – № 1(16). – S. 3-6.

2. Ozdemirov, A.A. *Rasprostranennost' i struktura zheludочно-kishechnykh boleznej telyat v usloviyah Prikaspijskogo regiona* / A.A. Ozdemirov // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. – 2018. – № 11-1. – S. 129-133.

3. Chuck, G.M. *Factors affecting colostrum quality in Australian pasture-based dairy herds* / G.M. Chuck, P.D. Mansell, M.A. Stevenson, M. M. Izzo, // *Australian veterinary journal*, 2017. - 95(11). - 421-426.

4. Conneely, M. *Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows* / M. Conneely, D.P. Berry, R. Sayers., J.P. Murphy, I. Lorenz, M.L. Doherty, E. Kennedy // *Animal*. - 2013. - 7(11). - 1824-1832.

5. Denholm, K.S. *Factors associated with colostrum quality in individual cows from dairy herds in the Waikato region of New Zealand*. / K.S. Denholm, S. McDougall, G. Chambers, W. Clough // *New Zealand veterinary journal*. - 2018. - 66(3).- 115-120.

6. Godden S. *Colostrum management for dairy calves* / S. Godden // *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. - 2008. - T. 24. - №. 1. - S. 19-39.

7. Heinrichs, A. J. *A prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd* / A. J. Heinrichs, B.S. Heinrichs // *Journal of dairy science*. - 2011. - T. 94. - №. 1. - S. 336-341.

8. Larson, B.L. *Immunoglobulin production and transport by the mammary gland* / B.L. Larson, Jr. Heary, J. E. Devery // *Journal of Dairy Science*. 1980. - 63(4).- 665-671.

9. Phipps, A.J. *Factors associated with colostrum immunoglobulin G concentration in northern Victorian dairy cows* / A.J. Phipps, D.S. Beggs, A.J. Murray, P.D. Mansell, M.F. Pyman // *Australian veterinary journal*. – 2017. - 95(7).-237-243.

10. Quigley, J.D. *Changes in blood glucose, nonesterified fatty acids, and ketones in response to weaning and feed intake in young calves* / J.D. Quigley // *Journal of Dairy Science*.- 1991. -74(1). - 250-257.

11. Reschke, C. *Factors associated with colostrum quality and effects on serum gamma globulin concentrations of calves in Swiss dairy herds* / C. Reschke, E. Schelling, A. Michel, F. Remy Wohlfender, M. Meylan // *Journal of veterinary internal medicine*, 2017. - 31(5).- 1563-1571.

12. Semenov V. Prevention of transport stress in imported heifers improves their health status and their productive parameters / V. Semenov, R. Mudarisov, G. Larionov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference, AgroScience 2019*. – Cheboksary, 2020. – P. 012025. – DOI 10.1088/1755-1315/433/1/012025.

13. Semenov, V. Veterinary and hygienic methods of directed reproduction in formation of healthy herds of cows / V. Semenov, A. Maykotov, S. Kondruchina // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, – Cheboksary, 2021. – P. 012021. – DOI 10.1088/1755-1315/935/1/012021.

14. Shivley, C.B. *Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves*/ C.B. Shivley, J. Lombard, N. J. Urie, D. M. Haines, R. Sargent, C. A. Kopral, F.B. Garry // *Journal of dairy science*. – 2018. - 101(10).- 9185-9198.

15. Soberon, F. Raffrenato, E., Everett, R.W., & Van Amburgh, M. E. *Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves* / F. Soberon, E. Raffrenato, R.W. Everett, M.E. Van Amburgh // *Journal of Dairy Science*. - 2012. - T. 95. - №. 2. - S. 783-793.



Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

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

Симурзина Елена Павловна, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры морфологии, акушерства и терапии, Чувашский государственный аграрный университет, gra92gra@gmail.com

Караулов Роман Сергеевич, соискатель кафедры морфологии, акушерства и терапии, Чувашский государственный аграрный университет, rkaraulov@kpiagro.ru

Бирюкова Дарья Эдуардовна, аспирант кафедры морфологии, акушерства и терапии, Чувашский государственный аграрный университет, kafmorf@yandex.ru

Author Information

Semenov Vladimir G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, semenov_v.g@list.ru

Simurzina Elena P., Candidate of Veterinary Sciences, Docent of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, gra92gra@gmail.com

Karaulov Roman S., Competitor of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, rkaraulov@kpiagro.ru

Biryokova Daria E., Postgraduate Student, Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, kafmorf@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; одобрена после рецензирования 07.12.2022.; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 24.10.2022; approved after reviewing 06.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №4, с.65-72
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 65-72

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.2.034
DOI: 10.36508/RSATU.2022.47.28.010

**ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СПОСОБОВ СИНХРОНИЗАЦИИ ПОЛОВОЙ ОХОТЫ КОРОВ
НА ИХ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА**

Ирина Владимировна Сердюченко¹✉, Татьяна Анатольевна Хорошайло²✉, Алексей Сергеевич Козубов³

^{1,2,3} Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

¹79184370664@yandex.ru
²tatyana_zabai@mail.ru
³lewakozubov@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью исследований явилось изучить воспроизводительные качества коров голштинской породы при разных способах синхронизации половой охоты.

Методология. Исследования были проведены в условиях молочно-товарной фермы АО фирмы «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева Краснодарского края на 100 головах первотелок голштинской породы, синхронизированных по разным схемам. В первую группу (контрольную) вошли первотелки, синхронизированные по программе «Пре-синх» (50 голов); во вторую (опытную) – первотелки, синхронизированные по программе «Ovsynch» с таким же их количеством. В ходе подготовки к синхронизации на каждую из сформированных групп было создано техническое задание с включением информации о номерах коров, даты введения препаратов, даты и времени осеменения. Схемы отличались тем, что «Pre-Synch» используется дольше, и она дороже, но ее начинают применять с 21 дня после отела.

Результаты. В статье представлены результаты применения двух схем синхронизации половой охоты у коров голштинской породы в условиях промышленной молочной фермы. В первой группе использовалась схема «Pre-Synch», во второй – «Ovsynch». По итогам проведения синхронизации половой охоты в группе с использованием схемы «Pre-Synch» с первого раза оплодотворилось 72 % первотелок (36 голов), а в группе с применением «Ovsynch» – 56 % (28 голов). Со второго раза – 22 % (11 голов) и 30 % (15 голов), соответственно. Выход телят от коров контрольной группы составил 94 % и 86 % – от коров опытной. Такие показатели в условиях Краснодарского края считаются высокими, разница между группами составила 8 %. Результаты, полученные при учете молочной продуктивности, оказались неодинаковыми. В первой группе за 305 дней лактации молока было произведено 7503,0 кг, во второй – 6866,0 кг. С учетом всех затрат, в том числе и на препараты для проведения синхронизации половой охоты, рентабельность в контрольной группе составила 24,8 %, в опытной – 19,2 %.

Заключение. Молочно-товарная ферма внедрила программу синхронизации половой охоты «Pre-Synch». Хотя данная технология и более трудоемка, но ее можно использовать уже с 21 дня после отела.

Ключевые слова: коровы, синхронизация, половая охота, продуктивность, воспроизводительные качества

Для цитирования: Сердюченко И.В., Хорошайло Т.А., Козубов А.С. Влияние разных способов синхронизации половой охоты коров на их воспроизводительные качества // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14, №4. С 65-72 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.47.28.010>

AGRICULTURAL SCIENCES

Original article

THE INFLUENCE OF DIFFERENT WAYS OF SYNCHRONIZATION OF ESTRUS IN COWS ON THEIR REPRODUCTIVE QUALITIES

Irina V. Serdyuchenko¹, Tatiana A. Khoroshailo²✉, Aleksey S. Kozubov³



^{1,2,3} Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

¹1729184370664@yandex.ru

²tatyana_zabai@mail.ru

³lewakozubov@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The aim of the research was to study the reproductive qualities of Holstein cows with different methods of estrus synchronization.

Methodology. The studies were carried out in the conditions of a commercial dairy farm of JSC "Agrocomplex" named after N.I. Tkachev of the Krasnodar Territory on 100 heads of Holstein heifers, synchronized according to different schemes. The first group (control) included first-calf heifers synchronized according to the Pre-synch program (50 heads); in the second (experimental) - heifers, synchronized according to the Ovsynch program with the same number of them. In preparation for synchronization, for each of the formed groups, a technical task was formed with the inclusion of information about the numbers of cows, the date of administration of drugs, the date and time of insemination. The schemes differed in that "Pre-Synch" is used longer and more expensive, but it begins to be used from 21 days after calving.

Results. The article presents the results of the application of two schemes of synchronization of estrus in Holstein cows in an industrial dairy farm. The first group used the "Pre-Synch" scheme, the second - "Ovsynch". The schemes differed in that "Pre-Synch" is used longer and more expensive, but it begins to be used from 21 days after calving. Based on the results of estrus synchronization in the group using the "Pre-Synch" estrous synchronization scheme, 72% of the first heifers (36 heads) were fertilized the first time, and in the group using "Ovsynch" - 56% (28 heads). From the second time 22% (11 heads) and 30% (15 heads), respectively. The yield of calves from the cows of the control group was 94% and 86% from the cows of the experimental group. These are high rates in the conditions of the Krasnodar Territory, the difference between the groups was 8%. The results obtained when taking into account milk productivity were not the same. In the first group for 305 days of lactation, 7503.0 kg of milk was produced, in the second - 6866.0 kg. Taking into account all costs, including drugs for estrus synchronization, the profitability in the control group was 24.8%, in the experimental group - 19.2 %.

Conclusion. The dairy farm has implemented the "Pre-Synch" heat synchronization program. Although this technology is more laborious, it can be used from 21 days after calving.

Key words: cows, synchronization, estrus, productivity, reproductive qualities

For citation: Serdyuchenko I. V., Khoroshailo T. A., Kozubov A. S. The Influence of different ways of synchronization of estrus in cows on their reproductive qualities // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022.T14, No.4. With P 65-72 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.47.28.010>

Введение

Стабильное воспроизводство скотопоголовья является одним из существенных условий, обеспечивающих эффективность отрасли и наиболее полное удовлетворение потребностей населения в экологически безопасных продуктах питания и промышленном сырье. С точки зрения теории и практики существенную проблему представляет собой тот факт, что уровень молочной продуктивности коров в большей степени влияет на их репродуктивную функцию в первые месяцы после отела. Причем высокая молочная продуктивность негативно сказывается на результатах ранних осеменений после отела, что значительно удлиняет сервис-период, увеличивает количество дней бесплодия, и зачастую приводит к высоким финансово-экономическим издержкам [1].

Существует прямая зависимость роста продуктивности молочного скота со сложностью определения у самок половой охоты. Вне зависимости от направленности хозяйства, в скотоводстве выявление оптимального времени для искусственного осеменения животных является важным фактором, который может принести убытки [9].

Нарушение воспроизводительной функции крупного рогатого скота в настоящее время составляет одну из основных проблем повышения

продуктивности животных и рентабельности животноводства в целом. Известно, что нарушение циклов течки – распространенная проблема высокопродуктивного крупного рогатого скота. По статистике, в течение 60 дней после отела в охоту приходят около 60 % коров, из них оплодотворяются при первом осеменении 63 % [15].

Известные способы стимуляции и повышения воспроизводительной функции базируются на использовании внешних раздражителей и медикаментозных средств, воздействующих на гипоталамус, гипофиз, гонады или непосредственно на половые пути самок. Эффективность применения их во многом зависит от того, насколько полно учитывается механизм естественного регулирования и последовательность проявления процессов воспроизведения, а также физиологическое состояние организма к моменту воздействия на него тем или иным способом. Особенно это относится к гормональным средствам. В практических условиях применение их не всегда дает стабильные результаты, а иногда приводит к отрицательным последствиям. Чаще всего это связано с тем, что принятые схемы введения и дозы гормональных препаратов оказываются адекватными не для каждого животного вследствие различий в содержании эндогенных гормонов [7].



По данным Кузнецовой Е.А., высокий процент выхода телят невозможен без отлаженной работы по выявлению признаков половой охоты, от которых зависит целесообразность искусственного осеменения конкретного животного. В настоящее время в молочных хозяйствах Краснодарского края выявление половой охоты у самок – одна из основных проблем, способствующих затруднениям в проведении процесса искусственного осеменения [5].

Для результативного искусственного осеменения в период 3-4 недель от указанной в плане даты необходимо достичь в стаде 70 %-го выявления половой охоты, однако на практике это значение редко бывает выше 55 %. Хозяйство может считать уровень выявления половой охоты оптимальным только при показателе свыше 70 %. Только в связи с низким процентом выявления половой охоты у животных предприятия недополучают около 11 телят на 100 коров ежегодно [17].

Метод синхронизации половой охоты способствует увеличению процента выхода телят только при должном внимании к сопутствующим факторам для успешного внедрения, без учёта которых, зачастую получается отрицательный результат [4].

Материалы и методы исследования

Площадкой для проведения исследований ста-

ла молочно-товарная ферма АО фирмы «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева, где был произведён отбор 100 первотелок. Половую охоту у отобранных животных голштинской породы синхронизировали, используя разные схемы, указанные в таблицах 1, 2 и на рисунках 1, 2, разделив их на 2 равные группы:

- 1) контрольная, где синхронизация проводилась с использованием «Pre-Synch»;
- 2) опытная, где синхронизация проводилась с использованием «Ovsynch».

В процессе отбора пригодных первотелок они закреплялись за специалистами по искусственному осеменению, а для учета результатов исследования для каждой из групп установили техническое задание, выполнение которого считывалось датчиками программы «Afimilk» и включало в себя порядковые номера животных, даты введения препаратов, даты и время осеменения.

Каждой отобранной первотелке ветеринарный специалист проводил ректальное исследование с диагностической целью. Животные обеих групп находились в состоянии оптимальной упитанности. Ферма, ставшая базой для исследований, имела все требуемые для постановки опыта гормональные препараты, шприцы и другие необходимые инструменты.

Таблица 1 – Схема синхронизации половой охоты «Pre-Synch»

Группа	Схема синхронизации половой охоты				
	«Pre-Synch»				
Контроль-ная	Фертагил (или аналог) 2,5 мл, в/м	Эструмейт (или аналог) 2 мл, в/м	Фертагил (или аналог) 2,5 мл, в/м	Эструмейт (или аналог) 2 мл, в/м	Запланированное искусственное осеменение
	утром до 08-00	утром до 08-00	утром до 08-00	утром до 08-00	утром до 08-00
	20.02.2021	04.03.2021	11.03.2021	13.03.2021	14.03.2021

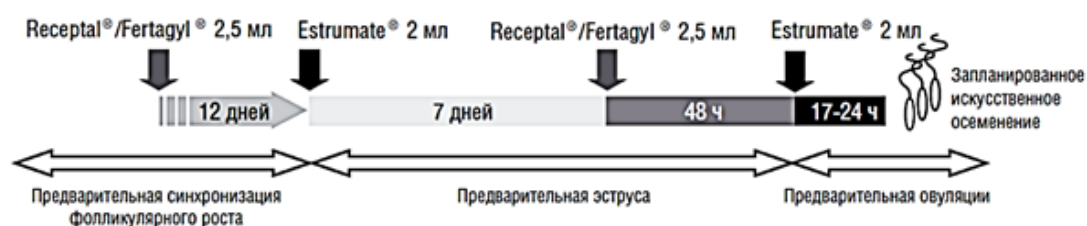


Рис. 1 – Схема синхронизации половой охоты «Pre-Synch»
(Fig.1 – Pre-Synch Heat Synchronization Program)

Таблица 2 – Схема синхронизации половой охоты «Ovsynch»

Группа	Программа синхронизации половой охоты			
	«Ovsynch»			
Опытная	Фертагил (или аналог) 2,5 мл, в/м	Эструмейт (или аналог) 2,0 мл, в/м	Фертагил (или аналог) 2,5 мл, в/м	Запланированное искусственное осеменение
	утром до 08-00	утром до 08-00	утром до 08-00	утром до 08-00
	20.02.2021	27.02.2021	01.03.2021	02.03.2021

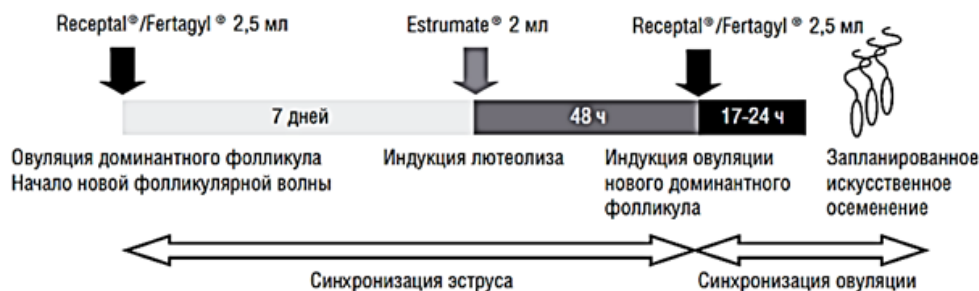


Рис. 2 – Схема синхронизации половой охоты «Ovsynch»
(Fig.2 – Ovsynch estrus synchronization program)

Фертагил представляет собой водный раствор гонадорелина декапептида, концентрация которого 100 мкг/мл. Форма выпуска – флаконы 5 мл, содержащие 500 мкг действующего вещества. Гонадорелин – синтетический аналог гормона гонадотропина, который выполняет регуляторную функцию секреции гормонов передней доли гипофиза, а также контролирует некоторые процессы, происходящие в родовых путях самок. Препарат фертагил используется в животноводстве для нормализации половых циклов, синхронизации овуляции, профилактики, лечения и регуляции других дисфункций и функций половой системы самок [2,8].

Эструмейт – лекарственное средство, на водной основе, действующее вещество которого представлено синтетическим простагландином в виде натриевой соли [16]. Используется в животноводстве с целью регуляции воспроизводительной функции, а также профилактики и лече-

ния нарушений полового цикла и послеродовых патологий у сельскохозяйственных животных. Инъекция эструмейта ставится внутримышечно, предварительно проводится гинекологическое исследование. Препарат используется исключительно в благополучных в эпизоотическом отношении хозяйствах с соблюдением всех ветеринарно-санитарных норм [3].

Результаты исследований и их обсуждение

Программа «Ovsynch» стала основной для разработки множества продвинутых программ синхронизации половой охоты, которые широко распространены в хозяйствах по всему миру [10].

Согласно технологии, было проведено искусственное осеменение первотелок, после того, как в контрольной и опытной группах половая охота была синхронизирована у животных. В результате применения схем «Pre-Synch» и «Ovsynch» были получены следующие данные (табл. 3, рис. 3).

Таблица 3 – Воспроизводительные качества коров при их синхронизации

Показатель	Группа		Опытная к контрольной, ±
	контрольная	опытная	
Всего осеменено, гол	50	50	-
Оплодотворено с 1 раза, гол	36	28	-8
Оплодотворено от первого осеменения, %	72,0	56,0	-16,0
Оплодотворено со 2 раза, гол	11	15	4
Оплодотворено от второго осеменения, %	22,0	30,0	8,0
Не оплодотворилось, гол	3	5	2
Выход телят на 100 коров, %	94,0	86,0	-8,0

Согласно таблице 3, выход телят составил 94 % для животных из контрольной группы и 86 % из опытной, разница между группами составила 8 %. С первого раза в группе с использованием схемы синхронизации половой охоты «Pre-Synch» оплодотворилось 72 % первотелок

(36 голов), а в группе с применением «Ovsynch» – 56 % (28 голов). Со второго раза 22 % (11 голов) и 30 % (15 голов), соответственно. Оплодотворение было безуспешным в контрольной группе у 3 голов, а в опытной у 5 голов, после чего произошла их выбраковка из маточного стада.

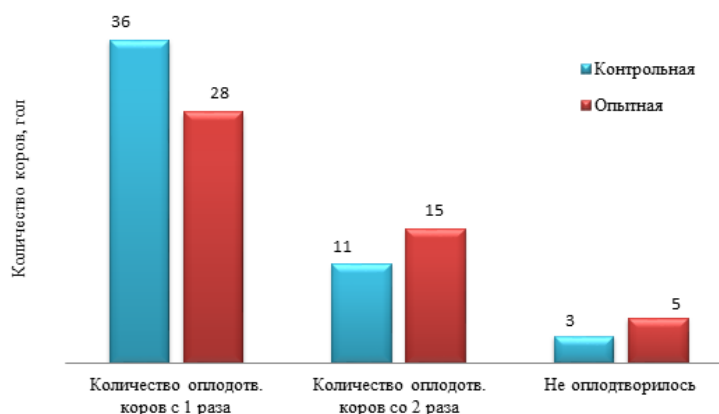


Рис. 3 – Воспроизводительные качества коров
(Fig. 3 – Reproductive qualities of cows)

Среднегодовые удои молочного скота на различных фермах в пределах одной климатической зоны могут сильно различаться. Физиологическое состояние лактирующих коров в хозяйстве напрямую влияет на их молочную продуктивность,

которая может быть на различных уровнях и варьируется в рамках 1000-26000 кг молока [13]. В наших исследованиях было определено, насколько быстро коровы восстанавливались после отела и начинали продуцировать (табл. 4).

Таблица 4 – Молочная продуктивность коров за вторую лактацию

Показатель	Группа		Опытная к контрольной, %
	контрольная	опытная	
ЖМ коров, кг	473,0±8,4	466,0±10,1	98,5
Удой за 305 дней лактации, кг	7503,0±9,2*	6860,0±8,7	91,4
Жирность молока, %	3,8	3,7	-0,1 ^
Белок молока, %	3,4	3,2	-0,2 ^
Удой базисной жирности, кг	8827,0	7465,0	0,84

Примечание: ^ – абсолютные проценты

Исходя из таблицы 4, наибольшую продуктивность показали животные контрольной группы со средним удоем за лактацию 7503,0 кг молока. Разница в удое с животными опытной группы составила 8,6 % (643,0 кг). Показатель жирности молока у коров в контрольной группе был выше, чем в опытной на 0,1 абсолютный процент, а по содержанию белка – на 0,2 абсолютных процента. Удой по базисной жирности у коров, синхронизированных по программе «Pre-Synch», был выше, чем у синхронизированных по программе «Ovsynch» на 1362,0 кг, что обусловлено сокращенным сервис-периодом и, как следствие, более ранним отелом.

На молочно-товарной ферме, ставшей базой для исследований, кормление крупного рогатого скота соответствует нормам, требования к их содержанию выполняются. В результате проделанной работы, методом наблюдения, были выявлены некоторые патологии у животных. В контрольной группе встречалось выпадение матки у одной из коров, а в опытной – задержание последа на 22 часа.

Причиной маститов нередко становится неправильная эксплуатация животных во время процесса доения. Среди обслуживающего пер-

сонала наиболее распространены такие ошибки, как: подмывание вымени грязной водой, неполное выдаивание молока и др. Также встречаются и неполадки с доильным оборудованием, такие как нарушение вакуумного режима, неисправности доильных стаканов [14].

В опытной и контрольной группах имели место единичные случаи заболевания маститом в легкой форме.

Рост поголовья дойного стада способствует повышению рентабельности хозяйства. В Российской Федерации наименьший процент рентабельности фиксируется на фермах с поголовьем не превышающем 1000 голов [11]. Прибыль с продаж молока коррелирует с увеличением поголовья. Таким образом, рентабельность производства молока при расширении хозяйства более чем на 1800 голов составляет около 10 %. По данным НИИСХ ЦРНЗ, самая высокая себестоимость молока – в хозяйствах с большой плотностью скота на 100 га сельскохозяйственных угодий [12].

Крайне важно учитывать, что существует господдержка в виде субсидий и низких процентных ставок по кредитам, которыми следует пользоваться мелким начинающим фермерам. Для того,



чтобы хозяйство было прибыльным, необходимо тщательно разбираться в юридических вопросах, поэтому зачастую всеми надлежащими мерами господдержки пользуются крупные холдинги, которые имеют в своем штате юристов [3].

Однако модернизированные хозяйства в любом случае будут опережать хозяйства старого образца по показателю рентабельности. Новые

предприятия в области животноводства обязаны искать пути сбыта производимой продукции и наращивать клиентскую базу, поэтому их мотивация способствует развитию хозяйства и повышению его рентабельности [14].

Экономическая эффективность нашего исследования представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Экономическая эффективность результатов исследования (в расчете на 1 голову)

Показатель	Группа		Опытная к контрольной, ±
	контрольная	опытная	
Валовое производство молока базисной жирности, кг	7619,0	6966,0	-653,0
Затраты на молоко, тыс. руб.	144,7	136,5	-6,2
в т.ч. стоимость кормов, тыс. руб.	68,0	68,0	–
заработная плата, тыс. руб.	20,6	19,4	-1,2
амортизация, тыс. руб.	12,3	12,3	–
топливо, тыс. руб.	5,9	5,9	–
текущий ремонт, тыс. руб.	4,3	4,3	–
прочие прямые затраты, тыс. руб.	27,2	26,6	-0,6
Цена реализации 1 кг молока, руб.	23,7	23,7	–
Выручка от реализации молока, тыс. руб.	180,6	165,1	-15,5
Прибыль, руб.	35,9	26,6	-9,3
Рентабельность, %	24,8	19,2	-5,6

Согласно таблице 5, на базе молочно-товарной фермы фирмы «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева у животных контрольной группы валовое производство молока базисной жирности равнялось 7619,0 кг, в сравнении с показателем опытной группы, равным 6966,0 кг.

Из этого следует то, что, получив на 653,0 кг молока больше, прибыль предприятия возрастет. Затраты на производство молока у контрольной группы были выше, чем у опытной группы. Разница между ними составила 6200,0 рублей, в частности, из-за расходов на проведение процесса синхронизации по схеме «Pre-Synch». В контрольной группе также на 600,0 рублей дороже обходилось содержание 1 коровы, в расчете прочих прямых затрат. В связи с этим уровень рентабельности в опытной группе был ниже на 5,6 % по сравнению с контрольной. Молочно-товарная ферма внедрила программу синхронизации половой охоты «Pre-Synch».

Заключение

1. Программа синхронизации половой охоты «Pre-Synch» является более трудоемкой, но она является более эффективной.
2. Коровы контрольной группы лучше проявили свои воспроизводительные качества, чем коровы опытной группы.
3. При внедрении и использовании программы «Pre-Synch» наблюдается повышенная молочная продуктивность коров. Они реже и легче болеют маститом и гинекологическими заболеваниями.
4. При производстве молока от коров гол-

штинской породы, синхронизированных по программе «Pre-Synch» на молочно-товарной ферме фирмы «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева Краснодарского края, повышается уровень рентабельности.

Список источников

1. Анзоров В.А., Морякина С.В., Абумуслимов С.С., Магомедова З.А. Нормализация овариальной функции у коров при различных формах нарушенного фолликулогенеза // Вестник Чеченского государственного университета им. А.А. Кадыева. 2014. № 1. С. 120-124. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22980347>
2. Гребенюк С.Е. Использование ДЭНС при синхронизации половой охоты коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 153–155. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104579>
3. Данилюк Е.В., Нарзулаев С.Б. Синхронизация половой охоты у коров // Научные основы развития АПК: сб. науч. тр. по матер. XXI Всеросс. (национальной) науч.-практич. конфер. студентов, аспирантов и мол. ученых с междунар. участием. 2019. С. 30–32. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41542296>
4. Комлацкий В.И., Аль А.У.А.Т., Подойница Т.А. Поведение и продуктивность телят-молочников при содержании в домиках // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2017. № 10 (173). С. 84–90. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32251631>
5. Кузнецова Е.А. Применение новых гормональных средств для синхронизации половой



охоты у коров мясных пород // Интеграционные процессы в науке, образовании и аграрном производстве – залог успешного развития АПК: Сб. ст. по матер. Межд. науч.-прак. конф. в 4-х томах. 2011. С. 284–286. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26864485>

6. Малыгина Н.А., Попова О.А. Сравнительная характеристика гормон-программ при искусственном осеменении крупного рогатого скота // Вестник Алтайского ГАУ. 2018. № 9 (167). С. 102–109. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36526577>

7. Медведев Г.Ф., Долина Д.С. Способ регуляции воспроизводительной функции коров. Патент на изобретение RU2045179C1. Белорусская сельскохозяйственная академия. Заявка 5060976/15, от 11.03.1992. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_38018691_75582559.pdf

8. Мирончик С.В. Синхронизация половой охоты у коров по протоколам «Ovsynch 48» и «Ovsynch 56» // Эпизоотология, иммунобиология, фармакология и санитария. 2019. № 1. С. 10–14. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38585175>

9. Назаров М.В., Руднева Я.А. Гормональная индукция стадии возбуждения полового цикла у коров и телок // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2018. № 136. С. 268–278. URL:

10. Панкратова А.В., Косовский Г.Ю., Насибов Ш.Н. Синхронизация охоты коров в молочном скотоводстве // Ветеринарная патология. 2016. № 2 (56). С. 45–49. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29658898>

11. Подойницына Т.А. Использование данных иммуногенетической экспертизы для оценки продуктивности крупного рогатого скота // Животноводство Юга России. 2017. № 6 (24). С. 18–19. – URL: <https://www.elibrary.ru/authors.asp>

12. Олейник А.В. Синхронизация половой охоты у крупного рогатого скота // Российский ветери-

нарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2007. № 2. С. 32–33. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11792587>

13. Свитенко О.В., Сердюченко И.В. Повышение молочной продуктивности голштинских первотелок // Животноводство Юга России. 2017. № 6 (24). С. 24–25. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32367303>

14. Свитенко О.В., Сердюченко И.В. Влияние возраста при первом осеменении на молочную продуктивность голштинских первотелок // Инновации в повышении продуктивности сельскохозяйственных животных: матер. междунар. научн.-практической. конф., посвящ. 95-летию Кубанского ГАУ. 2017. С. 164–168. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30602107>

15. Шишкин О. Воспроизводство крупного рогатого скота – эффективные методы контроля // Эффективное животноводство. 2017. № 3 (133). С. 46–47. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_30107156_49584786.pdf

16. Podoinitsyna T.A., Kozub Yu.A. Regular changes in hematological and biochemical indicators and immunogenetic certification of yak blood introduced in new conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 42007. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41528979>

17. Serdyuchenko I.V., Khoroshailo T.A., Kozub Y.A. Reproducing the qualities of cows with different methods of synchronization of sexual hunting // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AgriTech-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 42017. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43968922>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Anzorov V.A., Moryakina S.V., Abumuslimov S.S., Magomedova Z.A. Normalizatsiya ovarial'noy funktsii u korov pri razlichnykh formakh narushennogo follikulogeneza / Vestnik Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta im. A.A. Kadyrova. 2014. № 1. С. 120–124. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22980347>
2. Grebenyuk S.Ye. Ispol'zovaniye DENS pri sinkhronizatsii polovoy okhoty korov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 2 (64). С. 153–155. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104579>
3. Danilyuk Ye.V., Narzulayev S.B. Sinkhronizatsiya polovoy okhoty u korov // Nauchnyye osnovy razvitiya APK: sb. nauch. tr. po mater. XXI Vseross. (natsional'noy) nauch.-praktich. konfer. studentov, aspirantov i mol. uchenykh s mezhdunar. uchastiyem. 2019. С. 30–32. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41542296>
4. Komlatskiy V.I., Al' A.U.A.T., Podoinitsyna T.A. Povedeniye i produktivnost' telyat-molochnikov pri soderzhanii v domikakh // Izvestiya sel'skokhozyaystvennoy nauki Tavriy. 2017. № 10 (173). С. 84–90. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32251631>
5. Kuznetsova Ye.A. Primeneniye novykh gormonal'nykh sredstv dlya sinkhronizatsii polovoy okhoty u korov myasnykh porod // Sb. st. po mater. Mezhd. nauch.-prak. konf.: v 4-kh tomakh: Integratsionnyye protsessy v nauke, obrazovanii i agrarnom proizvodstve – zalozh uspeshnogo razvitiya APK. 2011. С. 284–286. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26864485>
6. Malygina N.A., Popova O.A. Sravnitel'naya kharakteristika gormon-programm pri iskusstvennom



osemenenii krupnogo rogatogo skota // Vestnik Altayskogo GAU. 2018. № 9 (167). S. 102–109. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36526577>

7. Medvedev G.F., Dolina D.S. Sposob regulyatsii vosproizvoditel'noy funktsii korov. Patent na izobretenie RU2045179S1. Belorusskaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya. Zayavka 5060976/15, ot 11.03.1992. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_38018691_75582559.pdf

8. Mironchik S.V. Sinkhronizatsiya polovoy okhoty u korov po protokolam «Ovsynch 48» i «Ovsynch 56» // Epizootologiya, immunobiologiya, farmakologiya i sanitariya. 2019. № 1. S. 10–14. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38585175>

9. Nazarov M.V., Rudneva YA.A. Gormonal'naya induktsiya stadii vozbuzhdeniya polovogo tsikla u korov i telok // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal KubGAU. 2018. № 136. S. 268–278.

10. Pankratova A.V., Kosovskiy G.YU., Nasibov SH.N. Sinkhronizatsiya okhoty korov v molochnom skotovodstve // Veterinarnaya patologiya. 2016. № 2 (56). S. 45–49. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29658898>

11. Podoinitsyna T.A. Ispol'zovaniye dannykh immunogeneticheskoy ekspertizy dlya otsenki produktivnosti krupnogo rogatogo skota // Zhivotnovodstvo Yuga Rossii. 2017. № 6 (24). S. 18–19. – URL: <https://www.elibrary.ru/authors.asp>

12. Oleynik A.V. Sinkhronizatsiya polovoy okhoty u krupnogo rogatogo skota // Rossiyskiy veterinarnyy zhurnal. Sel'skokhozyaystvennyye zhivotnyye. 2007. № 2. S. 32–33. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11792587>

13. Svitenko O.V., Serdyuchenko I.V. Povysheniye molochnoy produktivnosti golstinskiykh pervotelok // Zhivotnovodstvo Yuga Rossii. 2017. № 6 (24). S. 24–25. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32367303>

14. Svitenko O.V., Serdyuchenko I.V. Vliyaniye vozrasta pri pervom osemenenii na molochnuyu produktivnost' golstinskiykh pervotelok // Innovatsii v povyshenii produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: mater. mezhdunar. nauchn.-prakticheskoy. konfer., posvyashch. 95-letiyu Kubanskogo GAU. 2017. S. 164–168. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30602107>

15. Shishkin O. Vosproizvodstvo krupnogo rogatogo skota – effektivnyye metody kontrolya // Effektivnoye zhivotnovodstvo. 2017. № 3 (133). S. 46–47. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_30107156_49584786.pdf

16. Podoinitsyna T.A., Kozub Yu.A. Regular changes in hematological and biochemical indicators and immunogenetic certification of yak blood introduced in new conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. C. 42007. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41528979>

17. Serdyuchenko I.V., Khoroshailo T.A., Kozub Y.A. Reproducing the qualities of cows with different methods of synchronization of sexual hunting // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: Agritech-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. C. 42017. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43968922>

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

Сердюченко Ирина Владимировна, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры микробиологии, эпизоотологии и вирусологии, 79184370664@yandex.ru

Хорошайло Татьяна Анатольевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры частной зоотехнии и свиноводства, tatyana_zabai@mail.ru

Козубов Алексей Сергеевич, магистрант факультета зоотехнии, lewako Zubov@yandex.ru

Author Information

Serdyuchenko Irina V., candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of microbiology, virology and epizootology, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, 79184370664@yandex.ru

Khoroshailo Tatiana A., Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of private animal science and pig breeding, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilina, tatyana_zabai@mail.ru

Kozubov Aleksey S., master's student of the faculty of animal science, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilina, lewako Zubov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 10.10.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022.; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 10.10.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.



Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №4, с.73-82
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 73-82

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.2.034/612.11:612.12
DOI: 10.36508/RSATU.2022.10.93.011

**УРОВЕНЬ ОСНОВНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ КОРОВ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОДУКТИВНОСТИ, КОЛИЧЕСТВА И СТАДИИ ЛАКТАЦИИ**

Ольга Александровна Федосова¹✉, Виталий Владиславович Кулаков², Ольга Александровна Карелина³, Галина Викторовна Уливанова⁴

^{1,2,3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,
г. Рязань, Россия

¹fedosowa1986@mail.ru

²kulakov.vitalii@yandex.ru

³olg90945056@yandex.ru

⁴darinelle@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования было установить взаимосвязь основных морфологических и биохимических показателей крови коров от уровня продуктивности, возраста и стадии лактации в современных условиях высокоинтенсивной технологии их хозяйственного использования.

Методология. Научно-хозяйственный опыт выполняли в условиях крупного молочного комплекса на поголовье голштинского крупного рогатого скота. В качестве объектов исследования выступали коровы с различной среднегодовой молочной продуктивностью, возрастом и периодом лактации. Лактирующие коровы первой, второй, третьей и четвертой группы находились в стадии пика молочной продуктивности (100-130 дней после отела), а пятая группа представлена новотельными коровами (до 30 дней после отела). Для изучения физиолого-биохимических изменений в организме коров в сформированных группах проводили лабораторные исследования цельной крови и отдельных ее компонентов в условиях ветеринарной лаборатории «НЕОВЕТ» (ООО «НЕОВЕТ») г. Москва РФ.

Результаты. В результате исследования, направленного на изучение особенностей основных морфологических и биохимических показателей крови коров и установления взаимосвязи их значений с уровнем продуктивности, возрастом и стадией лактации установлен ряд прямых и обратных взаимосвязей, а именно: устойчивая тенденция снижения уровня гематокрита у новотельных коров относительно групп животных находящихся на пике молочной продуктивности; прямая зависимость уровня продуктивности и количественного показателя содержания лейкоцитов; тенденция к снижению витамина D в крови животных третьей лактации в сравнении с коровами второй лактации при равных значениях молочной продуктивности (уровень ниже на 36,8 %) и достоверная зависимость уровня витаминов A, D и B₁₂ от стадии лактации (средние значения в группе новотельных коров превосходили аналогичные во всех группах животных находящихся на пике лактационной активности).

Заключение Результаты исследования позволили расширить спектр основных оцениваемых показателей-маркеров крови, на которые необходимо ориентироваться с целью оценки физиологического состояния и рациональности проводимых коррекционных зооветеринарных мероприятий при использовании высокопродуктивных коров в условиях высокой интенсификации современного животноводства.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, общий анализ крови, биохимические показатели крови, продуктивность коров, лактация, метаболизм

Для цитирования: Федосова О. А., Кулаков В. В., Карелина О. А., Уливанова Г. В. Уровень основных морфологических и биохимических показателей крови коров в зависимости от продук-



тивности, количества и стадии лактации // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С 73-82 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.10.93.011](https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.10.93.011)

AGRICULTURAL SCIENCES

Original article

THE LEVEL OF BASIC MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL VALUES OF COWS' BLOOD DEPENDING ON PRODUCTIVITY, QUANTITY AND STAGE OF LACTATION

Olga A. Fedosova¹✉, Vitaly V. Kulakov², Olga A. Karelina³, Galina V. Ulivanova⁴

^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹fedosowa1986@mail.ru

²kulakov.vitalii@yandex.ru

³olg90945056@yandex.ru

⁴darinelle@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of this study was to establish the relationship between the main morphological and biochemical values of cows' blood with the level of productivity, age and stage of lactation in modern conditions of high-intensity technology for the economic use of animals.

Methodology. The scientific and economic experiment was carried out in conditions of a large dairy complex with Holstein cattle. The objects of the study were cows with different average annual milk production, age and lactation stage. The lactating cows of the first, second, third and fourth groups were at the stage of peak milk production (100-130 days after calving), and the fifth group was represented by fresh cows (up to 30 days after calving). To study physiological and biochemical changes in cows in the formed groups, laboratory studies of whole blood and its individual components were carried out in conditions of NEOVET veterinary laboratory (NEOVET LLC), Moscow, RF.

Results. As a result of the study aimed at studying the characteristics of the main morphological and biochemical values of cows' blood and establishing the relationship of these values with the level of productivity, age and stage of lactation. A number of direct and inverse relationships were established, namely: at the peak of milk production; direct dependence of the level of productivity and the quantitative indicator of the content of leukocytes; the trend towards a decrease in vitamin D in the blood of animals of the third lactation in comparison with cows of the second lactation with equal values of milk productivity (the level was 36.8% lower) and a significant dependence of the level of vitamins A, D and B₁₂ on the stage of lactation (average values in the group of freshly calved cows surpassed similar ones in all groups of animals at the peak of lactation activity).

Conclusion. The results of the study made it possible to expand the range of the main assessed indicators-blood markers, which should be guided by in order to assess the physiological state and rationality of the corrective veterinarian measures taken when using highly productive cows in conditions of high intensification of modern animal husbandry.

Key words: cattle, complete blood count, blood biochemical values, cow productivity, lactation, metabolism

For citation: Fedosova O. A., Kulakov V. V., Karelina O. A., Ulivanova G. V. The level of basic morphological and biochemical values of cows' blood depending on productivity, quantity and stage of lactation // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No. 4. P 73-82 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.10.93.011](https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.10.93.011)

Введение

В настоящее время в ветеринарной медицине и зоотехнии преобладающую роль играют гематологические исследования, поскольку они определяют как теоретическую базу научных специальностей, так и полноценную практико-ориентированную деятельность специалиста.

На сегодняшний момент гематология располагает многогранной научной базой, которая позволяет составить целостное представление о механизмах большинства заболеваний, функциональных состояниях организмов, различных аспектах регулирования жизненных функций.

Морфологические и биохимические свойства

крови сформировались в процессе длительной необратимой биологической эволюции. Как итог, она представляет собой стройную, весьма динамическую и в то же время относительно устойчивую тканевую систему, поддерживающую внутреннее постоянство физико-химических свойств организма.

Кровь является тонко реагирующей системой, в которой как в зеркале, отражаются все изменения внутренней и внешней сред. Исследования показывают, что динамика состава крови находится не в прямой, а лишь в корреляционной зависимости от изменений в структуре и функций отдельных органов и систем организма и является



интегративной составляющей систем организма в целом.

У различных сельскохозяйственных животных изменения системы крови значительно варьируют даже при сходных и близких по показателям состояниях и повреждениях [1-3], следовательно, нельзя абсолютизировать значение и влияние одного или нескольких факторов в крови, необходимо комплексное изучение происходящих изменений. Нельзя забывать и о видовых различиях в физических свойствах и химическом составе крови, а также о динамике их изменений в условиях нормы и патологии [4-6].

В диагностике метаболических проблем решающую роль играют биохимические исследования крови, позволяющие определить приспособленность сельскохозяйственных животных к определенным технологическим факторам, применяемым в конкретном хозяйстве, с учетом, как отдельных особей, так и стада в целом.

Уникальной группой органических веществ, играющих незаменимую роль во всех процессах жизни являются белки. Плазма крови содержит более 100 различных белков. Соотношение белковых фракций определяется интенсивностью физиологических процессов организма. Так с возрастом в сыворотке крови животных уменьшается содержание альбуминов, параллельно с этим возрастает значение глобулинов [7].

Как показывают исследования, обнаруживается корреляция общего белка с удоем, но степень связи зависит от породы, уровня продуктивности животных, месяца лактации и других факторов [8-12].

Для нормальной жизнедеятельности организма необходима особая группа низкомолекулярных органических соединений, повышающих функциональные способности животного. Данными веществами служат витамины. Они поддерживают метаболические реакции на определенном уровне, что, в свою очередь, играет ключевую роль в сохранении биологической полноценности тканей, как следствие, продление активного периода жизни для каждого организма.

Нарушение активности витаминов необходимо определять по их концентрации в плазме крови и одновременном содержании в кормах сельскохозяйственных животных [13-16]. В условиях крупных агрохолдингов повышенный или пониженный уровень поступления витаминов с кормами существенно сказывается на производственной функции стада, требуя незамедлительной корректировки.

Характеристика функционального состояния организма требует обстоятельного исследования полидифференной системы, обеспечивающей важнейшее свойство живой материи – обмен веществ и энергии. Показатели данной системы имеют определенную динамику и зависимость от ряда факторов: возраст, породность, конституция, характер питания, физиологическое состояние, некоторые условия внешней среды и др. [17, 18]. Так, установлено, что изменения в лейкоцитарной формуле сельскохозяйственных животных происходят и в зависимости от сезона года. Относи-

тельные показатели форменных элементов крови у взрослых животных крупного рогатого скота значительно ниже, чем при рождении.

Таким образом, физиологическое здоровье животных обеспечивается сложным многоступенчатым каскадным механизмом в системе крови, полноценное функционирование которого определяется при соблюдении целого ряда условий внешней и внутренней сред. В связи с чем, дальнейшее изучение гематологических показателей у сельскохозяйственных животных приобретает важную роль, поскольку отклонения в данной системе приведут к развитию функциональных нарушений в динамическом постоянстве внутренней среды.

Материалы и методы исследования

Научно-хозяйственный опыт выполняли в условиях крупного молочного комплекса ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области в период сентября-октября 2022 года на поголовье голштинского крупного рогатого скота. В качестве объектов исследования выступали коровы с различной среднегодовой молочной продуктивностью (с учетом текущей и предыдущей лактации), возрастом и периодом лактации. Опытные группы формировали исходя из вышеуказанных требований из клинических здоровых животных, содержащихся беспривязным способом. В результате подбора были сформированы 5 групп животных по 10 голов в каждой, а именно: первая группа – коровы второй лактации со среднегодовой молочной продуктивностью 7000 кг; вторая группа – коровы второй лактации со среднегодовой продуктивностью 8000 кг; третья группа – коровы второй лактации со среднегодовой продуктивностью 10000 кг; четвертая группа – коровы третьей лактации со среднегодовой продуктивностью 8000 кг; пятая группа – новотельные коровы второй лактации до 30 дней после отела. Все лактирующие коровы первой, второй, третьей и четвертой группы находились в стадии пика молочной продуктивности (100-130 дней после отела).

Для изучения физиолого-биохимических изменений в организме коров в сформированных группах проводили лабораторные исследования цельной крови и отдельных ее компонентов. Кровь отбирали в утренние часы, до кормления, из хвостовой вены по средством вакуумной системы.

Оценку общеклинических показателей (гематокрит, количество гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов) проводили на автоматическом гематологическом анализаторе в условиях ветеринарной лаборатории «НЕОВЕТ» (ООО «НЕОВЕТ») г. Москва РФ.

В сыворотке крови на биохимическом анализаторе определяли содержание глюкозы, общего белка, альбуминов, общего и прямого билирубина, мочевины, креатинина, кальция и фосфора, а также активность аланинаминотрансферазы (АЛат) и аспартатаминотрансферазы (АСат). Определение указанных показателей проводили на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Biochem SA (производитель High Technology, Inc., США) с использованием реагентов этого же произ-



водителя в условиях ветеринарной лаборатории «НЕОВЕТ».

Оценку количественного содержания жирорастворимых витаминов А, D и водорастворимых витаминов С и В₁₂ проводили масс-спектрометрически, высокоскоростной жидкостной хроматографией и при помощи иммунохемилюминесцентного анализа соответственно.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel (расширение AtteStat, версия 12.5; Biostat (версия 7). Для сравнения выборочных средних для независимых выборок использовали методы непараметрической статистики (вычисление U-критерия Манна-Уитни).

Результаты исследований и их обсуждение

Анализируя результаты оценки общеклинических показателей цельной крови опытных жи-

вотных (табл. 1) можно отметить следующее: все оцениваемые показатели в целом находились в пределах физиологической нормы, при этом показатель гематокрита во всех исследуемых группах соответствовал нижним физиологическим границам, а также наблюдалась четкая тенденция к снижению данного показателя у новотельных коров относительно групп животных находящихся на пике молочной продуктивности (рис. 1). Отмечена достоверная связь уровня продуктивности и количественного показателя содержания лейкоцитов. У животных с продуктивностью 8000 и 10000 кг в сравнении с группой коров с более низкой продуктивностью (7000 кг) данный показатель был выше на 34 и 28 % соответственно. Также достоверно высокое значение количества лейкоцитов отмечалось в крови новотельных коров.

Таблица 1 – Общеклинические показатели крови исследуемых коров, (n=10)

Показатель	Группа животных				
	Продуктивность 7000 кг (вторая лактация)	Продуктивность 8000 кг (вторая лактация)	Продуктивность 10000 кг (вторая лактация)	Продуктивность 8000 кг (третья лактация)	Новотельные коровы (вторая лактация)
Гематокрит (PCV), %	28,6±2,83	29,5±2,42	28,6±1,14	27,84±1,94	26,28±1,60*
Гемоглобин (Hb), г/л	94,4±9,63	96,6±8,82	94,2±3,89	91,4±6,61	87,8±5,76
Эритроциты (RBC), x10 ¹² /л	6,78±0,51	6,97±0,56	7,11±0,31	6,402±0,44	6,69±0,32
Лейкоциты (WBC), x10 ⁹ /л	6,77±0,81	10,23±1,67**	9,35±2,07*	7,70±0,96	9,04±0,57**
Тромбоциты (PLT), x10 ⁹ /л	291,84±188,04	341,8±38,66	263,2±54,1	271,4±110,27	368,2±98,97

* – имеется устойчивая тенденция при $0,1 \geq p \geq 0,05$; ** – достоверно при $p \leq 0,05$

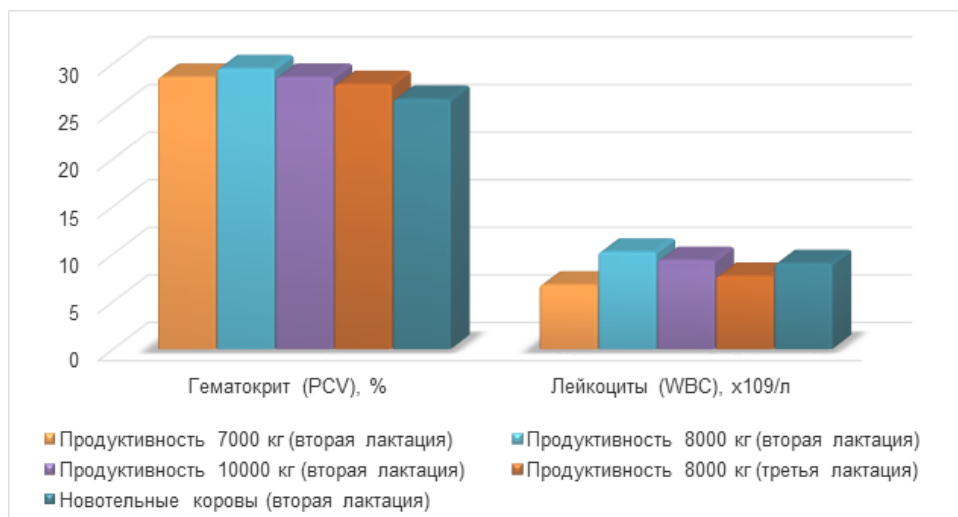


Рис. 1 – Средние значения отдельных общеклинических показателей крови коров, (n=10). (Fig.1 –Average values of individual general clinical values of cows' blood, (n=10)).

Анализ результатов исследований биохимических показателей (табл. 2) позволил установить, что у животных всех опытных групп показатель общего белка в сыворотке крови не выходил за пределы референсных значений и находился на

верхней границе, что вероятно обусловлено высокобелковым типом кормления. В целом показатель отображает состояние протеинового обмена и доступность протеина в рационах животных.



Таблица 2 – Биохимические показатели крови исследуемых коров, (n=10)

Показатель	Группа животных				
	Продуктивность 7000 кг (вторая лактация)	Продуктивность 8000 кг (вторая лактация)	Продуктивность 10000 кг (вторая лактация)	Продуктивность 8000 кг (третья лактация)	Новотельные коровы (вторая лактация)
Общий белок, г/л	79,26±5,59	80,40±6,10	82,80±3,02	78,80±7,04	75,00±6,00
Альбумин, г/л	35,20±0,44	35,00±1,87	35,80±0,64	36,00±1,87	36,40±0,14*
Глюкоза, ммоль/л	2,90±0,80	3,44±0,29	3,2±0,47	3,48±0,22	3,24±0,19
Холестерин, ммоль/л	5,56±0,97	5,66±1,26	5,92±1,54	6,08±1,19	4,44±0,90
Билирубин общий, ммоль/л	3,04±0,11	3,06±0,19	3,48±0,46	3,36±0,15	3,30±0,33
Билирубин прямой, ммоль/л	1,00±0,10	1,04±0,11	1,20±0,20*	1,14±0,17	1,10±0,14
АСаТ, ед./л	149,60±55,50	175,20±41,34	193,00±59,14	157,80±41,75	118,40±44,09
АЛат, ед./л	40,60±4,82	40,40±7,56	42,80±4,54	36,80±3,77	31,40±5,36
Мочевина, ммоль/л	4,58±0,75	4,82±0,65	5,90±1,79*	4,46±0,41	4,46±0,47
Креатинин, мкмоль/л	92,80±5,11	90,00±5	92,20±5,26	91,00±1,41	96,00±7,64
Фосфор, ммоль/л	2,18±0,57	2,10±0,41	2,10±0,28	1,78±0,34	2,00±0,22
Кальций, ммоль/л	2,15±0,17	2,18±0,07	2,19±0,11	2,17±0,18	2,10±0,07
Кислотность, ед.рН	7,49±0,04	7,45±0,03	7,47±0,04	7,49±0,03	7,49±0,01

* – имеется устойчивая тенденция при $0,1 \geq p \geq 0,05$; ** – достоверно при $p \leq 0,05$

Максимальное содержание общего белка в крови отмечали у коров с наивысшей продуктивностью (82,80±3,02 г/л) и с продуктивностью 8000 кг молока второй лактации (80,40±6,10 г/л). Не смотря на отсутствие четкой достоверности, в крови новотельных животных наблюдали сни-

жение данного показателя, что обусловлено его высокой потребностью в процессе послеродового восстановления и использования в синтезе молока. Данное утверждение подтверждается высоким содержанием альбуминов в крови животных новотельной группы (рис. 2).

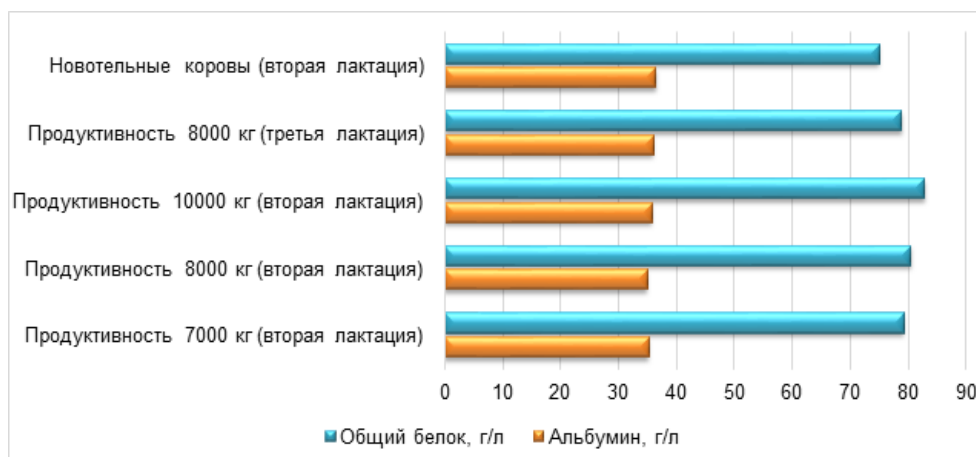


Рис. 2 – Средние значения общего белка и альбуминовой фракции в крови коров, (n=10). (Fig. 2 – Average values of total protein and albumin fraction in cows' blood, (n=10)).



Уровень глюкозы в сыворотке крови коров всех групп находился в пределах физиологических значений. При отсутствии четкой достоверности на представленном ниже графике (рис.3) можно наблюдать зависимость данного показателя от уровня продуктивности (уровень глюкозы в крови животных с большей продуктивностью в среднем на 12,5 % был выше, чем в крови коров с продук-

тивностью 7000 кг). Так же стоит обратить внимание на относительно низкое содержание глюкозы в крови животных с продуктивностью 7000 кг в сравнении с другими группами животных, находящихся на пике молочной продуктивности, на фоне довольно значительного белкового показателя. Такое соотношение вероятно связано с недостатком сахаров в рационе животных данной группы.

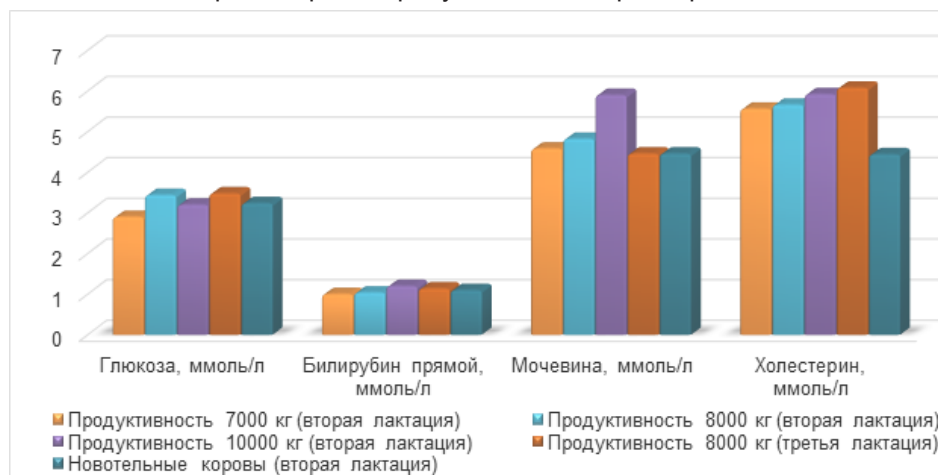


Рис. 3 – Средние значения отдельных биохимических показателей крови коров, (n=10).
(Fig. 3 – Average values of individual biochemical values of cows' blood, (n=10)).

В организме животных с многокамерным желудком метаболические процессы дефицита энергии направлены на сохранение глюкозы в крови, поскольку головной мозг питается только за счет глюкозы. Именно поэтому, когда поступление глюкозы с кормами недостаточно, а потребность в глюкозе для синтеза лактозы молока значительна, происходит активация компенсаторных процессов – глюконеогенез. Гипергликемическим действием обладают глюкокортикоиды, в частности кортизол, который активирует все основные ферменты глюконеогенеза и обеспечивает его субстратами, а также уменьшает потребность клеток в глюкозе, тем самым повышая ее уровень в крови. Стимулируя распад белка, кортизол способствует высвобождению аминокислот, являющихся важными элементами глюконеогенеза.

В организме жвачных животных синтез глюкозы из неуглеводных соединений (глюконеогенез) происходит постоянно и интенсифицируется после кормления. Снижение глюкозы в крови отмечается при недостаточном уровне энергетического питания, особенно в первую фазу лактации, дефицита легкоусвояемых углеводов (сахара и крахмала) в рационах, концентратного несбалансированного типа кормления, а также при ацетонемии и поражении печени [2].

Содержание холестерина в крови коров имеет прямую взаимосвязь с молочной продуктивностью. Он задействован в образовании комплексов с внутренними протеинами мембраны митохондрий и обеспечивает взаимодействие между ферментами липогенеза и предшественниками липидов.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что содержание холестерина в крови коров

всех исследуемых групп находился в пределах превышающих референсные значения (табл. 2, рис. 3). Увеличение уровня холестерина в крови может быть связано как с высокой потребностью организма в энергии, так и со значительной метаболической активностью жирового обмена в печени высокоудойных коров (синтез жирных кислот и кетонных тел, насыщение ненасыщенных жирных кислот и их включение в ресинтез нейтральных жиров и фосфолипидов с последующим выведением в кровь и желчь).

Содержание мочевины в крови жвачных животных является отражением концентрации аммиака в рубце, поскольку основная часть протеинов кормов в рубце подвергается гидролизу с образованием аммиака и аминокислот. Часть аммиака микрофлора рубца использует для образования собственного белка, который в дальнейшем усваивается в кишечнике, тогда как его остаток инактивируется в печени с образованием мочевины. По содержанию мочевины и глюкозы в сыворотке крови можно оценить сбалансированность рациона коров по энергетическо-протеиновому соотношению [9]. Как свидетельствуют полученные данные, содержание мочевины в крови высокопродуктивных групп животных находилось на уровне верхней границы физиологической нормы (3,3-5,0 ммоль/л), а в группе животных с наивысшей продуктивностью выходила за ее пределы (рис. 3). Такие данные коррелируют с высокими значениями белка в крови и указывают на прямую зависимость от продуктивности и содержания белкового компонента в рационе.

В сыворотке крови коров с высокими показателями продуктивности, в отличие от других опы-



ных групп, отмечалось увеличение активности аспаратаминотрансферазы на 22,5 % (в сравнении с животными с наименьшей продуктивностью), тогда как активность аланинаминотрансферазы находилась в пределах физиологических значений. Поскольку аспаратаминотрансфераза в значительном количестве содержится в мышцах и печени, такие изменения могут быть связаны с потерей мышечной массы и высоким метаболизмом вследствие интенсивного молокообразования.

При оценке уровня витаминов в крови опыт-

ных животных стоит отметить отсутствие прямой зависимости от уровня продуктивности, при этом имеется тенденция к снижению витамина D в крови животных третьей лактации в сравнении с коровами второй лактации при равных значениях молочной продуктивности (уровень ниже на 36,8 %) (табл. 3). При этом цифровые значения по водорастворимым витаминам B₁₂ и C, а также витамину A практически находились на том же уровне, что указывало на отсутствие возрастной зависимости.

Таблица 3 – Содержание витаминов в крови исследуемых коров, (n=10)

Показатели	Группы животных				
	Продуктивность 7000 кг (вторая лактация)	Продуктивность 8000 кг (вторая лактация)	Продуктивность 10000 кг (вторая лактация)	Продуктивность 8000 кг (третья лактация)	Новотельные коровы (вторая лактация)
Витамин А, мкмоль/л	2,66±0,74	3,08±0,60*	2,87±0,25	3,32±0,52	3,63±0,38*
Витамин С, мкмоль/л	0,29±0,07	0,28±0,11	0,31±0,10	0,23±0,06	0,16±0,05*
Витамин D, ммоль/л	0,033±0,004	0,038±0,005	0,034±0,004	0,024±0,009*	0,043±0,006**
Витамин B12, нмоль/л	18,42±1,73	14,82±2,98	15,8±4,19	14,10±2,07*	25,18±5,18**

* – имеется устойчивая тенденция при $0,1 \geq p \geq 0,05$; ** – достоверно при $p \leq 0,05$.

Более яркая картина отличия средних значений содержания определяемых витаминов наблюдалась в крови животных новотельной группы (табл. 3). Так уровень содержания витаминов А, D и B12 в группе был достоверно выше, чем аналогичные показатели в крови животных первой

группы, находящихся на пике лактации (на 23, 23 и 27 % соответственно). Иная ситуация отмечена в отношении витамина С, уровень которого в крови новотельных коров имел четкую тенденцию к снижению в сравнении с другими группами (рис. 4).

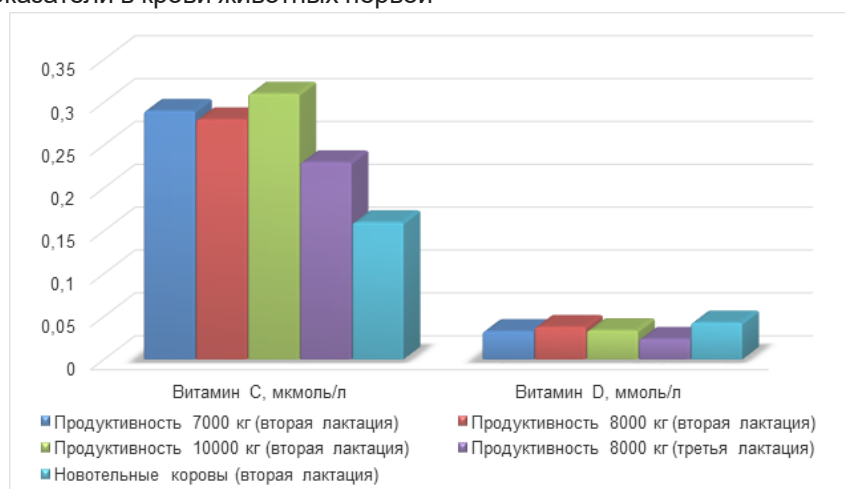


Рис. 4 – Средние значения уровня отдельных витаминов в крови коров, (n=10).
(Fig. 4 – Average values of the level of vitamins in cows', (n=10)).

Закключение

С целью изучения зависимости уровня основных морфологических и биохимических показателей крови коров от продуктивности, количества и стадии лактации был проведен отбор и формирование опытных групп клинически здоровых животных, содержащихся в одинаковых условиях крупного молочного комплекса, на сбалансированном

по основным показателям рационе. В результате лабораторных исследований крови установлены ряд прямых и обратных зависимостей, а именно:

1. В крови новотельных коров отмечена устойчивая тенденция снижения значений гематокрита относительно групп животных, находящихся на пике молочной продуктивности;

2. Имеется прямая зависимость уровня про-



дуктивности и количественного показателя содержания лейкоцитов в цельной крови. Данный показатель в крови животных второй лактации с продуктивностью 8000 и 10000 кг был выше на 34 и 28 % в сравнении с группой животных второй лактации с продуктивностью 7000 кг. Также достоверно высокое значение количества лейкоцитов отмечалось в крови новотельных коров (начальная стадия лактации) в сравнении с группой животных второй лактации с продуктивностью 7000 кг;

3. Несмотря на отсутствие достоверных различий по уровню общего белка, полученные данные позволяют отметить более высокие его значения в крови животных с наивысшей продуктивностью, обусловленные максимальной потребностью организма в нем в следствии затрат на молокообразование и выполнение транспортных функций в обменных процессах, что подтверждается значениями уровня альбуминов, общего билирубина, мочевины и изучаемых ферментов;

4. Имеется тенденция к снижению витамина D в крови животных третьей лактации в сравнении с коровами второй лактации при равных значениях молочной продуктивности (уровень ниже на 36,8 %);

5. Установлена достоверная зависимость уровня витаминов A, D и V_{12} от стадии лактации. Средние значения в группе новотельных коров превосходили аналогичные во всех группах животных, находящихся на пике лактационной активности.

Список источников

1. Мойсеенко, Е.С. Биохимические показатели крови лактирующих коров в зависимости от физиологического состояния / Е.С. Мойсеенко, Е.Н. Архипова // Сб.: Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве : Материалы Международной научно-практической конференции, Витебск, 03-05 ноября 2021 года / Редколлегия: Н.И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2021. – С. 175-178. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47261272>.

2. Значение биохимических показателей крови в профилактике нарушений обмена веществ у высокопродуктивных коров / Е.А. Киц, М.И. Коваленко, М.Н. Лапина, В.А. Витол // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2015. – Т. 1. – № 8. – С. 432-435. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24861529>.

3. Britan, M.N. Nosological profile of animal farms of ryazan oblast and evaluation of the efficiency of modern medicines for treating mastitis / M.N. Britan [other] // International Journal of Pharmaceutical Research. – 2019. – Т. 11. – № 1. – С. 1040-1048. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41635428>.

4. Крупин, Е.О. Биохимические показатели липидного и минерального обмена у коров различных генотипов / Е.О. Крупин, М.Ш. Тагиров // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2018. – № 13(176). – С. 120-128. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34915908>

5. Глобулінові фракції та їх зв'язок з молочною

продуктивністю у корів різних екстер'єрних типів // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2011. – № 53-1. – Р. 137-142. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28380532>.

6. Романенко, Л.В. Биохимические показатели крови у коров с высокой продуктивностью, их изменчивость и наследуемость / Л.В. Романенко, В.И. Волгин // Ветеринария и кормление. – 2010. – № 1. – С. 36-38. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20420118>

7. Майоров, В.А. Биохимические показатели крови у коров разного возраста и уровня продуктивности / В.А. Майоров, А.Ю. Козловская // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2. – С. 14-19. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23688563>

8. Оценка общеклинических, биохимических и коагуляционных показателей крови коров с учетом продуктивности / В.В. Кулаков, Э.О. Сайтханов, О.А. Федосова [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – Т. 13. – № 4. – С. 73-82. – DOI 10.36508/RSATU.2021.38.65.009.

9. Козловский, В. Продуктивность черно-пестрых коров и показатели белкового и липидного обмена сыворотки крови / Козловский В. // Молочное и мясное скотоводство. – 2009. – № 2. – С. 30. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12913580>

10. Шкель, О.В. Биохимические показатели крови у молочных коров в разные периоды лактации / О.В. Шкель, А.И. Муращенкова, А.И. Юреско, Ю.В. Бобырь / Сб.: Научные проблемы производства продукции животноводства и улучшения ее качества. Материалы XXX научно-практической конференции студентов и аспирантов. – 2014. – С. 81-83. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23577794>

11. Биохимические показатели белкового обмена у коров чёрно-пестрой породы во время лактации / А.А. Томилов, Н.А. Дудченко, А.М. Капелькин, А.А. Севастьянов // Материалы 54-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2016: Сельское хозяйство, Новосибирск, 16-20 апреля 2016 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2016. – С. 63. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46589191>

12. Кочнев, Н.Н. Влияние технологических факторов на биохимический статус молочных коров / Н.Н. Кочнев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2012. – № 2(225). – С. 39-45. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17729501>

13. 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 октября 2021 года. – Saratov: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2022. – Р. 88. – DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012088.



14. Stepanova, I.A. Peculiarities of mineral metabolism of holstein heifers' diet supplemented with copper nanopowders / I.A. Stepanova, A.A. Nazarova, M.V. Arisov // *World's Veterinary Journal*. – 2020. – Т. 10. № 4. – С. 492-498. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44445469>.

15. Nazarova, A.A. Influence of copper nanopowder on parameters of carbohydrate and lipid metabolism of holstein heifers / A.A. Nazarova and [other] // *International Journal of Nanotechnology*. – 2019. – Т. 16. – № 1-3. – С. 122-132. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41685792>.

16. Эленшлегер, А.А. Уровень белкового, А-витаминного обмена у коров-матерей и телят / А.А. Эленшлегер, Д.С. Тарасов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*.

– 2016. – № 1(135). – С. 111-113. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25579223>.

17. Еременко, В.И. Показатели естественной резистентности крови у лактирующих коров в течение лактации / В.И. Еременко, А.А. Вытовтов // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2014. – № 7. – С. 73-74. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22532731>.

18. Решетов, В.Б. Статистические характеристики биохимических показателей крови лактирующих коров в связи с сезонами года / В.Б. Решетов, М.В. Сорокин, А.И. Денькин // *Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства*. – 2014. – Т. 3. – № 7. – С. 243-247. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22635807>.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Mojseenko, E.S. *Biohimicheskie pokazateli krovi laktiruyushchih korov v zavisimosti ot fiziologicheskogo sostoyaniya* / E.S. Mojseenko, E.N. Arhipova // *Sb.: Progressivnye i innovacionnye tekhnologii v molochnom i myasnom skotovodstve : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Vitebsk, 03-05 noyabrya 2021 goda / Redkollegiya: N.I. Gavrichenko (gl. red.) [i dr.]*. – Vitebsk: Uchrezhdenie obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy mediciny», 2021. – S. 175-178. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47261272>.

2. Znachenie biohimicheskikh pokazatelej krovi v profilaktike narushenij obmena veshchestv u vysokoproduktivnykh korov / E.A. Kic, M.I. Kovalenko, M.N. Lapina, V.A. Vitol // *Sbornik nauchnykh trudov Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva*. – 2015. – Т. 1. – № 8. – С. 432-435. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24861529>.

3. Britan, M.N. Nosological profile of animal farms of ryazan oblast and evaluation of the efficiency of modern medicines for treating mastitis / M.N. Britan [other] // *International Journal of Pharmaceutical Research*. – 2019. – Т. 11. – № 1. – С. 1040-1048. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41635428>.

4. Krupin, E.O. Biohimicheskie pokazateli lipidnogo i mineral'nogo obmena u korov razlichnykh genotipov / E.O. Krupin, M.Sh. Tagirov // *Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy*. – 2018. – № 13(176). – С. 120-128. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34915908>.

5. Globulinovi frakcii ta ih zv'yazok z molochnoyu produktivnistyu u koriv riznih ekster'ernih tipiv // *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo*. – 2011. – No 53-1. – P. 137-142. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28380532>.

6. Romanenko, L.V. Biohimicheskie pokazateli krovi u korov s vysokoj produktivnost'yu, ih izmenchivost' i nasleduemost' / L.V. Romanenko, V.I. Volgin // *Veterinariya i kormlenie*. – 2010. – № 1. – С. 36-38. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20420118>.

7. Majorov, V.A. Biohimicheskie pokazateli krovi u korov raznogo vozrasta i urovnya produktivnosti / V.A. Majorov, A.Yu. Kozlovskaya // *Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2015. – № 2. – С. 14-19. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23688563>.

8. Ocenka obscheklinicheskikh, biohimicheskikh i koagulyacionnykh pokazatelej krovi korov s uchetom produktivnosti / V.V. Kulakov, E.O. Sajthanov, O.A. Fedosova [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2021. – Т. 13. – № 4. – С. 73-82. – DOI 10.36508/RSATU.2021.38.65.009.

9. Kozlovskij, V. Produktivnost' cherno-pestrykh korov i pokazateli belkovogo i lipidnogo obmena syvorotki krovi / Kozlovskij V. // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. – 2009. – № 2. – С. 30. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12913580>.

10. Shkel', O.V. Biohimicheskie pokazateli krovi u molochnykh korov v raznye periody laktacii / O.V. Shkel', A.I. Murashchenkova, A.I. Yuresko, Yu.V. Bobyr' // *Sb.: Nauchnye problemy proizvodstva produkcii zhivotnovodstva i uluchsheniya ee kachestva. Materialy XXX nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i aspirantov*. – 2014. – С. 81-83. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23577794>.

11. Biohimicheskie pokazateli belkovogo obmena u korov chyorno-pestroj porody vo vremya laktacii / A.A. Tomilov, N.A. Dudchenko, A.M. Kapel'kin, A.A. Sevast'yanov // *Materialy 54-j Mezhdunarodnoj nauchnoj studencheskoj konferencii MNSK-2016: Sel'skoe hozyajstvo, Novosibirsk, 16-20 aprelya 2016 goda*. – Novosibirsk: Novosibirskij nacional'nyj issledovatel'skij gosudarstvennyj universitet, 2016. – С. 63. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46589191>.

12. Kochnev, N.N. Vliyanie tekhnologicheskikh faktorov na biohimicheskij status molochnykh korov / N.N.



Kochnev // *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*. – 2012. – № 2(225). – S. 39-45. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17729501>

13. 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*. – Saratov: Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. N.I. Vavilova, 2022. – P. 88. – DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012088.

14. Stepanova, I.A. Peculiarities of mineral metabolism of holstein heifers\ diet supplemented with copper nanopowders / I.A. Stepanova, A.A. Nazarova, M.V. Arisov // *World's Veterinary Journal*. – 2020. – T. 10. № 4. – S. 492-498. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44445469>.

15. Nazarova, A.A. Influence of copper nanopowder on parameters of carbohydrate and lipid metabolism of holstein heifers / A.A. Nazarova and [other] // *International Journal of Nanotechnology*. – 2019. – T. 16. – № 1-3. – S. 122-132. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41685792>.

16. Elenshleger, A.A. Uroven' belkovogo, A-vitaminного обмена u korov-materej i telyat / A.A. Elenshleger, D.S. Tarasov // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2016. – № 1(135). – S. 111-113. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25579223>.

17. Eremenko, V.I. Pokazateli estestvennoj rezistentnosti krovi u laktiruyushchih korov v techenie laktacii / V.I. Eremenko, A.A. Vytovtov // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2014. – № 7. – S. 73-74. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22532731>.

18. Reshetov, V.B. Statisticheskie harakteristiki biohimicheskikh pokazatelej krovi laktiruyushchih korov v svyazi s sezonami goda / V.B. Reshetov, M.V. Sorokin, A.I. Den'kin // *Sbornik nauchnyh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva*. – 2014. – T. 3. – № 7. – S. 243-247. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22635807>.

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

Федосова Ольга Александровна, канд. биол. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, fedosowa1986@mail.ru

Кулаков Виталий Владиславович, канд. биол. наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, хирургии, акушерства и внутренних болезней животных, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kulakov.vitalii@yandex.ru

Карелина Ольга Александровна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, olg90945056@yandex.ru

Уливанова Галина Викторовна, канд. биол. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, darinelle@mail.ru

Author information

Fedosova Olga A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology. «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev»

Kulakov Vitaly V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Surgery, Obstetrics and Internal Animal Diseases. «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev»

Karelina Olga A., Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology. «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev»

Ulivanova Galina V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev»

Статья поступила в редакцию 30.11.2022; одобрена после рецензирования 08.12.2022.; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 30.11.2022; approved after reviewing 08.12.2022.; accepted for publication 12.12.2022..





Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №4, с. 83-89
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 83-89

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 619:[591.11]:636.2
DOI: 10.36508/RSATU.2022.19.47.012

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ОВЕЦ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАЛЫХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Арина Сергеевна Федотова ✉

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск, Россия
krasfas@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель исследования – оценить степень изменений показателей периферической крови овец при воздействии поглощенной дозы в 1,6 мГр/год. Исследование расширит представление о степени воздействия малых доз ионизирующего излучения на организм сельскохозяйственных животных, результаты работы позволят в дальнейшем прогнозировать значение стартовой дозы, которая запускает процесс изменения иммунологических, гематологических и биохимических показатели крови продуктивных животных. Результаты работы будут использованы в методике интегральной оценки техногенного загрязнения аграрных ландшафтов. Исследования входят в практические и фундаментальные направления радиозоологии.

Методология. Объект исследования: иммунологические, гематологические и биохимические показатели периферической крови овец романовской породы. Изучение проведено в осенне-весенний период с 2017 по 2019 г. в аграрных ландшафтах Красноярского края, оценены результаты, полученные от 49 овец, содержащихся в ферменных биогеоценозах с различным радиозоологическим статусом. Исследования проведены в 2017-2019 гг. на кафедре института ИГБиВМ и в научно-исследовательском испытательном центре ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ.

Результаты. Установлено, что биохимические и гематологические показатели периферической крови овец при дозах 0,9 и 1,6 мГр/год находились в пределах физиологической нормы. Выявлено, что при дозе 1,6 мГр/год достоверно увеличивается концентрация лейкоцитов и эритроцитов, снижается уровень щелочной фосфатазы, АСТ, креатинина, фагоцитарная активность лейкоцитов крови, при этом увеличивается концентрация общего белка.

Заключение. Субклиническая доза в 1,6 мГр/год в организме овец романовской породы стимулирует гемопоэз, снижает функциональную активность печени, щитовидной железы и ослабляет факторы неспецифического иммунитета. Для формирования заключения о степени воздействия поглощенной дозы в 1,6 мГр/год необходимо провести изучение степени изменения показателей периферической крови при воздействии ионизирующего излучения «in vitro».

Ключевые слова: поглощённая доза, ионизирующее излучение, мелкий рогатый скот, фагоцитарный индекс, биохимические, гематологические показатели

Для цитирования: Федотова А.С. Изменение показателей периферической крови овец при действии малых доз ионизирующего излучения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022, Т. 14, № 4. С.83-89 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.19.47.012>

AGRICULTURAL SCIENCES

Original article

CHANGE IN INDICATORS OF SHEEP PERIPHERAL BLOOD UNDER THE IMPACT OF LOW DOSES OF IONISING RADIATION

Arina Sergeevna Fedotova ✉

FSEI HPE Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia
krasfas@mail.ru.

**Abstract.**

Problem and purpose. The purpose of investigation is to estimate the rate of changes in sheep peripheral blood under the impact of 1.6 mGr/year absorbed dose. The research is going to expand the view about the rate of low dosed of ionisation radiation impact on cattle farm organisms. The results will allow to predict a starting dose in future, which starts a change process in immunological, haematological and biochemical blood counts of productive animals. The work results will be used in the integral evaluation technique of pollution in agrarian landscapes. The researches are included in practical and fundamental fields of radio ecology.

Methodology. The object of investigation: immunological, haematological and biochemical peripheral blood counts of sheep by taking Romanovskaya breed as an example.

The studies were conducted in autumn/spring from 2017 until 2019 in agrarian landscapes of Krasnoyarsk krai and the results taken from 49 sheep kept in farm biogeocenoses with different radio-ecological condition were estimated. The investigations were held in 2017-2019 at the department of Institute of Applied Biotechnology and Veterinary Medicine and FSBEI HE Krasnoyarsk State Agrarian University.

Results. It was found that biochemical and haematological sheep peripheral blood counts under 0.9 mGr/year and 1.6 mGr/year annual doses were in the rate of physiological standard. It was found that at a dose of 1.6 mGy/year, the concentration of leukocytes and erythrocytes significantly increases, the level of alkaline phosphatase, AST, creatinine, phagocytic activity of blood leukocytes decreases, while the concentration of total protein increases.

Conclusion. A subclinical dose of 1.6 mGy/year in the body of Romanov sheep stimulates hematopoiesis, reduces the functional activity of the liver and thyroid gland, and weakens nonspecific immunity factors. To form a conclusion about the degree of exposure to an absorbed dose of 1.6 mGy/year, it is necessary to study the degree of change in peripheral blood parameters when exposed to ionizing radiation "in vitro"

Key words: absorbed dose, ionizing radiation, small cattle, phagocytic index, biochemical, hematological parameters

For citation: Fedotova A.S. Change in indicators of sheep peripheral blood under the impact of low doses of ionising radiation. // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022, T. 14, № 4, P 83-89 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.19.47.012>

Введение

В радиоэкологии с начала XXI века произошла трансформация научных интересов, появилось много работ по оценке вклада естественных радионуклидов в годовую поглощенную и эффективную дозы. Сейчас появляются публикации о влиянии малых доз на биологические объекты. Учеными выявлено, что многоклеточный организм отвечает на воздействие радиации в малых дозах изменением (активизацией, ингибированием) функциональной активности клеток, что изменяет скорость течения тканевых процессов. В результате малые дозы радиации могут явиться этиологическим фактором патологического процесса в тканях, органах, системах организма. Установлено, что малые дозы стимулируют иммунную систему, увеличивают радиорезистентность организма. Ю.А. Александровым установлено: при внешнем гамма-облучении овец в дозах 25,50 и 100 Р повышается уровень иммуноглобулинов класса IgM, снижается концентрация антител класса IgG и IgA, отмечается дозозависимое повышение уровня циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови [1]. Н.П. Асташевой, Л.Н. Ульяненко установлено: при внешнем облучении в дозе 2,5 и 3,25 Гр у телок 14-18-месячного возраста снижается живая масса, наблюдается лимфопения, волнообразно изменяется концентрация общего белка, активность щелочной фосфатазы и альфа-амилазы в периферической крови сельскохозяйственных животных [2]. А. И. Грицук с соавторами определили, что при внешнем гамма-облучении белых крыс в дозе 0,5 и 1 Гр в периферической крови снижается содержание общего белка, холестерина, аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспар-

татаминотрансферазы АСТ, при этом не изменяется уровень креатинина, мочевины, триглицеридов. При дозе 0,5 Гр увеличивается концентрация глюкозы, тогда как при дозе 1 Гр содержание глюкозы снижается с последующим увеличением [3]. С.Н. Мельник с соавторами установили, что при внешнем гамма-облучении беспородных крыс в дозе 1 Гр не регистрируются клинические изменения, в периферической крови снижается уровень глюкозы, увеличивается концентрация АСТ и фосфора, при этом не изменяются уровень АЛТ и креатинфосфокиназы (КФК) [4].

М.Г. Ламзина и А.С. Зенькин отмечают, что при загрязнении почвы ^{137}Cs от 1,9 до 5,0 Ки/км² в крови лактирующих коров увеличивается содержание малонового диальдегида, активность каталазы и интенсивность перекисного окисления липидов; можно отметить, что увеличение показателей коррелирует с плотностью загрязнения ^{137}Cs [5]. С.А. Костенко с соавторами определили, что у молочных коров при экспозиционной дозе 24-96 мкР/час в периферической крови достоверно увеличивается количество В-лимфоцитов [6]. Е.А. Михеева провела оценку степени воздействия загрязнения почв ^{137}Cs на изменение показателей крови молодняка крупного рогатого скота в агробиоценозах Орловской области. В работе было достоверно установлено, что при загрязнении почв ^{137}Cs более 5кБк/км² в крови животных снижается количество гемоглобина, увеличивается процент нейтрофилов и базофилов; при одновременном снижении эозинофилов и моноцитов автором выявлен сдвиг лейкоцитарной формулы влево. Установлено, что малые дозы увеличивают фагоцитарный индекс нейтрофилов венозной крови телок [7]. Ранее Фе-



дотовой А.С. на территории Красноярского края были выделены аграрные ландшафты с различной радиоактивной техногенной нагрузкой, почвы этих ландшафтов отличаются удельной активностью ^{137}Cs . Определена плотность загрязнения агробиогеоценозов [8], в аграрных ландшафтах начата работа по оценке изменений гематологических и иммунобиологических показателей [10] и кинетики продукции первичных и вторичных радикалов в венозной крови овец [9]. Настоящая работа обобщает данные двухлетних гематологических и биохимических исследований.

В связи с небольшим количеством исследований по влиянию сверхмалых поглощенных доз на гомеостаз организма сельскохозяйственных животных возникают трудности с прогнозированием развития эффектов малых поглощенных доз в организме животных. Оценка степени воздействия малых доз ионизирующего излучения на организм животных, определение стартовой дозы для запуска процесса изменения иммунологических, гематологических и биохимических показатели крови продуктивных животных относится к актуальным практическим и фундаментальным направлениям радиоэкологии.

Цель работы: оценить уровень изменений иммунологических, гематологических и биохимических показателей периферической крови овец при воздействии малых поглощенных доз.

Задачи работы: выделить на территории Красноярского края аграрные ландшафты с различным радиоэкологическим статусом; рассчитать дозовую нагрузку для сельскохозяйственных животных; определить иммунологические, гематологические и биохимические показатели венозной крови овец; на основании статистической обработки результатов оценить степень влияния малых поглощенных доз ионизирующего воздействия на показатели периферической крови мелкого рогатого скота.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены в 2018-2019 гг. на кафедре института ИПБиВМ и научно-исследовательском испытательном центре ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Расчет поглощенных доз проводился согласно научно-практическим рекомендациям [11]. Для работы в ферменных агробиоценозах Красноярского края с различной дозовой нагрузкой у овец романовской породы были отобраны пробы крови. В аграрном ландшафте с поглощенной дозой 0,9 МГр/год исследована 31 голова мелкого рогатого скота, средний возраст животных составлял $30,53 \pm 2,82$ мес.; в аграрном ландшафте с поглощенной дозой 1,6 МГр/год – 18 голов, возраст животных – $31,2 \pm 4,15$ мес. Количество голов овец в аграрных ландшафтах с различным радиоэкологическим статусом не однозначно. Исследования проводили в условиях ферменных агробиоценозов, для работы кровь отбирали от всех животных, содержащихся в этих условиях, это позволило провести объективную оценку влияния малых доз на биологические объекты. Статистически возраст животных ферменных биогеоценозов находится в одном диапазоне изменчивости, соответственно,

ответную реакцию организма на воздействие малых доз ионизирующего излучения у животных, находящихся при различных поглощенных дозах, правомочно подвергать сравнению и обсуждению.

Отбор проб крови проводили в осенний и весенний периоды в 2018 и 2019 годах в выделенных аграрных ландшафтах, всего проведено 4 серии исследований. Периферическую кровь отбирали в утренние часы из яремной вены в вакуумные пробирки с гепарином и активатором свертываемости.

Фагоцитарная активность лейкоцитов крови оценивалась «in vitro» при внесении опсонизированных белками пуловой сыворотки овец частиц латекса, с последующим окрашиванием 0,25 % генцианвиолетом ($\text{C}_{25}\text{H}_{30}\text{N}_3\text{Cl}$) в 3% р-ре уксусной кислоты ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$). Подсчет фагоцитов проводили в камере Горяева, методом микроскопии при увеличении $\times 40$, на микроскопе Микмед 5 считали 100 фагоцитов. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) измеряли по методике Панченкова. Количество форменных элементов крови подсчитывали в камере Горяева [12]. Гемоглобин определяли на спектрофотометре ПЭ-5400уф с использованием набора «ГЕМОГЛОБИН-ОЛЬВЕКС» [13].

Биохимические исследования сыворотки крови проведены на базе научно-исследовательского центра ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ с использованием спектрофотометра ПЭ-5400 уф. Из биохимических показателей оценивали: количество общего белка, содержание белковых фракций, глюкозы, ферментов, креатинина. Глюкоза определялась энзиматическим колориметрическим методом без депротеинизации с использованием «Ольвекс» диагностикума [14]; резервная щелочность – по методу Раевского; щелочная фосфатаза – унифицированным методом с использованием реагентов «ЩЕЛОЧНАЯ ФОСФАТАЗА-ВИТАЛ»; АСТ и АЛТ – унифицированным методом Райтмана-Френкеля с применением реагентов «АСТ-ВИТАЛ», «АЛТ-ВИТАЛ»; мочевины – уреазным фенол/гипохлоритным методом с использованием реагента «МОЧЕВИНА-02-ВИТАЛ»; креатинина – в реакции Яффе с депротеинизацией с использованием реагентов «КРЕАТИНИН-ВИТАЛ»; кальция – унифицированным колориметрическим методом с использованием реагента «КАЛЬЦИЙ-ВИТАЛ»; фосфор – молибдатным uv-методом с использованием реагентов «ФОСФОР-ВИТАЛ» [15]; общий белок – биуретовым методом с использованием комплекта «ОБЩИЙ БЕЛОК-ВИТАЛ»; белковые фракции – нефелометрическим методом. Для статистической обработки данных применяли метод вариационной статистики с использованием прикладных программ Microsoft Office Excel 2007, достоверное отличие данных считали при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение

Расчет поглощенной дозы проводили на основе результатов радиоэкологического обследования аграрных ландшафтов: значение мощности поглощенной дозы гамма-излучения на пастбищных участках, животноводческих помещениях, удельная активность ^{90}Sr , ^{137}Cs и $6^{\circ}\text{C}^{\circ}$ в кормах.



Доза облучения животных в аграрных ландшафтах отличалась значениями внешнего и внутреннего облучения в пастбищный период в светлое время суток. Внешнее облучения определялось различным γ -фоном на пастбищных участках, внутреннее облучение с различной концентрацией ^{137}Cs – в зеленых и грубых кормах. Повышенные значения гамма-фона на пастбищных участках формируются за счет присутствия в почве техногенных радионуклидов, антропогенное радионуклидное загрязнение было сформировано в результате деятельности ФГУП ГХК. Основными нуклидами, определяющими радиационную опасность пойменных почв и донных отложений, являются ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu [17]; перечисленные изотопы относятся к группе средне и долгоживущих изотопов с $T_{1/2}$ от 8-30 лет.

В результате расчета доз облучения установлено, что суммарная доза воздействия (внешнее и внутреннее облучение) на организм животных в аграрных ландшафтах составляла 1,6 мГр/год и 0,9 мГр/год. В аграрном ландшафте с поглощенной дозой 0,92 мГр/год величина дозы техногенного воздействия находилась в пределах значений, характеризующих глобальный техногенный фон, который регистрируется на всей территории Красноярского края. Доза облучения животных в аграрном ландшафте с поглощенной дозой 1,6 мГр/год в 1,7 раза превышала значения по контрольному аграрному ландшафту, однако согласно рекомен-

дации научного комитета по атомной энергии при ООН дозовая нагрузка в 1,6 мГр/год относится к диапазону значений сверхмалых доз.

В тестируемых аграрных ландшафтах овцы соматически здоровы, температура тела в среднем составила $39,23 \pm 0,230$ °C, частота пульса – $67 \pm 8,9$ ударов в минуту, частота дыхания – $15,69 \pm 4,93$. Животные спокойные, аппетит сохранен, кожный покров чистый, без повреждений, шерстный покров блестящий, тургор кожи сохранен, подчелюстные, поверхностные шейные и надколенные лимфатические узлы не увеличены и подвижны. Видимые слизистые оболочки без повреждений. Жвачка присутствует, сокращение рубца $4,38 \pm 0,92$ раза в 2 мин. Упитанность животных средняя, что позволило отнести их к первой группе упитанности, согласно ГОСТ 31777-2012.

У овец, выращиваемых на территории с годовой поглощенной дозой 0,9 и 1,6 мГр/год, гематологические показатели находились в диапазоне нормальных значений [16]. У овец, находящихся под действием малой поглощенной дозы (1,6 мГр/год), выявлено достоверное увеличение в 1,2 раза количества лейкоцитов ($P < 0,01$) и эритроцитов в 1,3 раза ($P < 0,05$). Установлено, что СОЭ при действии поглощенной дозы в 1,6 мГр/год раза достоверно ($P < 0,05$) увеличивается в 1,3 раза относительно фоновых дозовых значений (0,9 мГр/год), (таб. 1).

Таблица 1 – Гематологические показатели периферической крови овец при малых поглощенных дозах

Гематологические показатели	Поглощенная доза, мГр/год	
	0,9 (n=31)	1,6 (n=18)
Лейкоциты, 10^9 клеток/л	$6,48 \pm 0,3$	$7,83 \pm 0,4^{**}$
Эритроциты, 10^{12} клеток/л	$5,25 \pm 0,4$	$6,78 \pm 0,5^*$
Гемоглобин, г/л	$73,61 \pm 6,1$	$60,78 \pm 3,3$
Гематокрит, л/л	$0,22 \pm 0,03$	$0,19 \pm 0,02$
СГЭ, пг	$9,71 \pm 0,5$	$8,53 \pm 0,3^*$
СОЭ, мм/час	$0,62 \pm 0,1$	$0,78 \pm 0,1^*$

** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$ по отношению к поглощенной дозе 0,92 мГр/год

Значения гемоглобина принадлежали одному диапазону изменчивости и статистически не различались, однако при действии малых доз наблюдалась тенденция к снижению содержания гемоглобина. Уменьшение уровня гемоглобина при одномоментном превышении количества эритроцитов объясняется достоверным ($P < 0,05$) снижением в 1,13 раза содержания гемоглобина в одном эритроците. Отношение эритроцитов к общему объему крови в группах, имеющих различную поглощенную дозу, статистически не отличалось, однако была выявлена тенденция к снижению гематокрита в периферической крови овец, находящихся под воздействием дозы 1,6 мГр/год.

Увеличение количества эритроцитов и лейкоцитов, по нашему суждению, обусловлено стиму-

лирующим действием малых доз ионизирующего излучения на органы гемопоэза.

Изменения биохимических показателей периферической крови овец при дозе 1,6 мГр/год приведены в таблице 2. Установлено, что субклинические дозы ионизирующего облучения не влияют на показатели резервной щелочности крови, но приводят к достоверному сокращению уровня щелочной фосфатазы в 1,7 раза ($P < 0,05$), увеличению концентрации кальция в 1,2 раза ($P < 0,05$) относительно контрольной величины. Уменьшение концентрации щелочной фосфатазы, увеличение уровня кальция в крови указывает на снижение функциональных возможностей печени и щитовидной железы.



Таблица 2 – Биохимические показатели периферической крови овец при малых поглощенных дозах

Биохимические показатели	Поглощенная доза, мГр/год	
	0,9 (n=31)	1,6 (n=18)
Резервная щелочность мг%	429,93 ±7,93	450,00±13,78
Общий белок, г/л	58,56±4,99	75,54±3,12**
Креатинин, ммоль/л	93,99±3,99	72,78±3,36**
Щелочная фосфатаза нмоль/с*л	2156,3±360,8	1233,8±226,9*
АСТ, мк моль/(с*л)	0,33±0,02	0,26±0,02*
АЛТ, мк моль/(с*л)	0,02±0,01	0,04±0,01
Кальций, ммоль/л	2,04±0,12	2,43±0,09*
Фосфор, ммоль/л	1,96±0,09	2,02±0,12
Альбумин, %	49,97±2,19	47,41±2,40
альфа-глобулин, %	8,17±0,48	9,40±0,53
бета-глобулин, %	12,98±0,81	12,68±0,42
гамма-глобулин, %	28,88±1,72	30,51±2,14

* – $P<0,05$; ** – $P<0,01$; *** – $P<0,001$ по отношению к поглощенной дозе 0,92мГр/год

Активность аспартатаминотрансферазы (АСТ) в крови животных при поглощенной дозе 1,6 мГр/год в 1,3 раза ниже ($P<0,05$) по сравнению с данными контроля. Снижение АСТ не является специфичным, так как в норме активность фермента низкая, в некоторых случаях снижение АСТ наблюдается при недостатке пиридоксина (витамина В6). Кроме того, установлена тенденция роста активности аланинаминотрансферазы (АЛТ) в 2 раза.

При воздействии дозы в 1,6 мГр/год в крови овец уменьшается содержание креатинина на 29 % ($P<0,01$) относительно данных контроля. Количество общего белка в крови животных, находящихся под воздействием малых доз, превышает показатели контроля в 1,3 раза ($P<0,01$). В то же время относительное содержание альбуми-

нов и глобулинов в контрольной и опытной группах находится в одном диапазоне изменчивости и статистически не отличается. При воздействии дозы 1,6 мГр/год установлена тенденция к изменению отношения альбуминов к глобулинам с увеличением содержания глобулинов (альфа и гамма-глобулинов). Увеличение концентрации общего белка обязано увеличению процентного содержания глобулинов, что возможно в результате активации иммунологического процесса.

Иммунологическим методом оценена способность лейкоцитов к фагоцитозу. В результате установлено, что фагоцитарная активность лейкоцитов у овец при поглощенной дозе в 0,9 мГр/год составляет $37,99 \pm 2,59$ %, а при дозе 1,6 мГр/год – $24,47 \pm 3,34$ % (рис.).

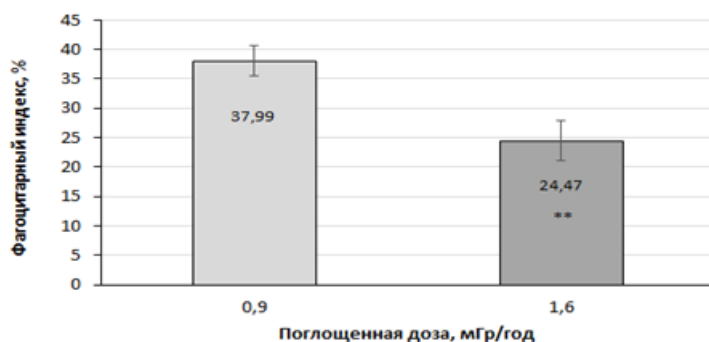


Рис. – Фагоцитарная активность лейкоцитов периферической крови овец (Fig. – Phagocytic activity of sheep peripheral blood leukocytes)

На рисунке 1 наглядно представлено достоверное ($P<0,01$) снижение в 1,6 раза фагоцитарной активности лейкоцитов крови животных при воздействии поглощенной дозы в 1,6 мГр по сравнению с результатами, регистрируемыми при дозе 0,9 мГр/год. Это свидетельствует, по нашему мнению, о негативном влиянии субклинических доз облучения на функциональные возможности фагоцитов крови, которые являются основными клетками, реализующими неспецифическую резистентность организма.

Заключение

На территории Красноярского края был проведен расчет величины годовой поглощенной дозы ионизирующего облучения сельскохозяйственных животных, находящихся в аграрных ландшафтах с различным радиозкологическим статусом. В регионе выделен один аграрный ландшафт, имеющий дополнительное загрязнение почвы антропогенными радионуклидами; поглощенная доза для овец, содержащихся в ферменных биогеоценозах этого аграрного ландшафта, составила 1,6 мГр/год, на остальной территории края поглощенная



доза имела значение 0,9 мГр/год.

В результате проведенной работы достоверно установлено, что у овец, находящихся под действием малой поглощенной дозы (1,6 мГр/год), в периферической крови возрастает количество лейкоцитов, эритроцитов, ускоряется СОЭ. Субклинические дозы снижают содержание гемоглобина в одном эритроците и угнетают фагоцитарную активность лейкоцитов венозной крови. При действии субклинических доз ионизирующего излучения выявлена тенденция к уменьшению уровня гемоглобина и гематокрита. Увеличение количества форменных элементов крови обусловлено стимулирующим действием малых доз на органы гемопоэза.

В периферической крови овец, испытывающих воздействие поглощенных доз в 1,6 мГр/год, достоверно падает уровень щелочной фосфатазы, содержание АСТ и креатинина при одновременном повышении содержания кальция; установлена тенденция к увеличению АЛТ, альфа и гамма-глобулинов. При воздействии на организм овец поглощенной дозы в 1,6 мГр/год не изменяются резервная щелочность крови и содержание белковых фракций. Снижение концентрации щелочной фосфатазы и увеличение уровня кальция в крови указывает на снижение функциональных возможностей печени и щитовидной железы.

Таким образом, субклиническая доза 1,6 мГр/год в организме овец романовской породы стимулирует гемопоэз, угнетает факторы неспецифического иммунитета, снижает функциональную активность печени и щитовидной железы. К малыми дозам ионизирующего излучения, согласно данным научного комитета по атомной энергии, относят дозы менее 250 мГр. Соответственно, поглощенная доза 1,6 мГр/год входит в предел малых доз; для формирования обоснованного заключения о действии дозы 1,6 мГр/год на гомеостаз организма сельскохозяйственных животных и состояние венозной крови рекомендовано изучить изменения в периферической крови при воздействии ионизирующего излучения в условиях «in vitro».

Список источников

1. Александров Ю.А. Влияние малых доз ионизирующих излучений на иммунологическую реактивность млекопитающих при многократных воздействиях / Ю.А. Александров // Вестник Марийского государственного университета. 2017. Т.3. №1 (9). С 7-12.
2. Асташева Н.П.1, Ульяненко Л.Н. Влияние облучения и голодания на физиологические, клинические, биохимические показатели и воспроизводительные качества тёлоч (экспериментальные исследования) / Асташева Н.П.1, Ульяненко Л.Н. / Радиация и риск. 2017. Том 26. № 4. С 132-144. DOI: 10.21870/0131-3878-2017-26-4-132-144
3. Грицук А. И., Мышковец Н. С., Фомченко Н. Е.. Метаболические показатели плазмы крови животных при воздействии внешнего облучения / А. И. Грицук, Н. С. Мышковец, Н. Е. Фомченко / Проблемы здоровья и экологии 2010. №2. С.92-94.
4. Мельник С. Н., Наумов А. Д., Барри Л. Г. влияние стрессорного и радиационного воздействий на биохимические показатели сыворотки крови крыс / С. Н. Мельник, А. Д. Наумов, Л. Г. Барри // Проблемы здоровья и экологии 2007. № 2 (12). С.132-137
5. Ламзина М.Г., Зенькин А.С. Оценка показателей крови животных при воздействии ионизирующих и неионизирующих излучений/ М.Г. Ламзина, А.С. Зенькин // Вестник Брянского государственного университета. РИСО ФГБОУ ВО Брянский государственный ун-т имени акад. И.Г. Петровского, 2012. №1-4. - С. 121-127.
6. Костенко С.А., Федорова Е.В., Джус П.П. и др. Мониторинг цитогенетических показателей соматического мутагенеза млекопитающих в условиях хронического низкодозового облучения // Материалы международной конференции Биологические эффекты малых доз ионизирующей радиации и радиоактивное загрязнение среды. Сыктывкар, 2014. С.53-57.
7. Михеева Е.А. Влияние малых доз ионизирующего излучения на показатели крови крупного рогатого скота // Зоотехния. – 2006. – № 7. – С.24-26.
8. Федотова А.С. Особенности функциональной активности клеток крови овец в зонах с различной плотностью загрязнения ¹³⁷Cs. / А.С. Федотова // Вестник Красноярского ГАУ Вып.4. – Красноярск, 2019. С 88 – 97.
9. A S Fedotova, G V Makarskaya, S V Tarskikh, E G Turitcyna and V A Kolesnikov. An impact of low doses radiation on the kinetics of reactive oxygen species generation in sheep peripheral blood. 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 412 052016.
10. Федотова А.С. Влияние малых доз ионизирующего излучения на гематологические и иммунобиологические показатели периферической крови овец / А.С. Федотова // Наука и образование: опыт. Проблемы, перспективы развития. материалы между. науч.-практ. конф. Ч II. Красноярск Изд-во ФГОУ ВПО КрасГАУ, 2019. С 264-268.
11. Федотова А. С. Расчет доз облучения сельскохозяйственных животных в условиях Красноярского края / А. С. Федотова // Научно-практ. рекомендации. Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2022. – 17 с.
12. Смолин, С.Г. Физиология системы крови: методические указания/ С.Г. Смолин, Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014.-С.24-26.
13. Инструкция по применению набора реагентов «Гемоглобин-ольвекс» для определения концентрации гемоглобина в крови.
14. Trinder P., Ann. elin. Biochem., 1969.vol.6.p.24
15. Энциклопедия клинических лабораторных тестов под редакцией Н.Тица.М., 1997. С.960.
16. Амиров Д.Р., Тамимдаров Б.Ф., Шагеева А.Р. Клиническая гематология животных: Учебное пособие / Д.Р. Амиров, Б.Ф. Тамимдаров, А.Р. Шагеева. - Казань: Центр информационных технологий КГАВМ, 2020. С 126, 129-132.
17. Атлас Современной радиационной обстановки на территории Красноярского края / Красноярск. М-во экологии и рационального природопользования Красноярского края, 2019 – 84с.



References

1. Aleksandrov Yu.A. Vliyanie mal'kh doz ioniziruyushchih izlucheni' na immunologicheskuyu reaktivnost' mlekoopitayushchih pri mnogokratnykh vozdeystviyakh / Yu.A. Aleksandrov / Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. T.3. №1 (9). S 7-12.
2. Astasheva N.P.1, Ul'yanenko L.N. Vliyanie oblucheniya i golodaniya na fiziologicheskie, klinicheskie, biohimicheskie pokazateli i vosproizvoditel'nye kachestva tyolok (eksperimental'nye issledovaniya) / Astasheva N.P.1, Ul'yanenko L.N. / Radiatsiya i risk. 2017. Tom 26. № 4. S 132-144. DOI: 10.21870/0131-3878-2017-26-4-132-144
3. Gricuk A. I., Myshkovec N. S., Fomchenko N. E.. Metabolicheskie pokazateli plazmy krovi zhivotnykh pri vozdeystvii vneshnego oblucheniya / A. I. Gricuk, N. S. Myshkovec, N. E. Fomchenko / Problemy zdorov'ya i ekologii 2010. №2. S.92-94.
4. Mel'nik S. N., Naumov A. D., Barri L. G. vliyanie stressornogo i radiacionnogo vozdeystviy na biohimicheskie pokazateli syvorotki krovi krysa / S. N. Mel'nik, A. D. Naumov, L. G. Barri // Problemy zdorov'ya i ekologii 2007. № 2 (12). S.132-137
5. Lamzina M.G., Zen'kin A.S. Ocenka pokazatelej krovi zhivotnykh pri vozdeystvii ioniziruyushchih i neioniziruyushchih izlucheni' / M.G. Lamzina, A.S. Zen'kin // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. RISO FGBOU VO Bryanskij gosudarstvennyj un-t imeni akad. I.G. Petrovskogo, 2012. №1-4. - S. 121-127.
6. Kostenko S.A., Fedorova E.V., Dzhus P.P. i dr. Monitoring citogeneticheskikh pokazatelej somaticheskogo mutageneza mlekoopitayushchih v usloviyakh hronicheskogo nizkodozovogo oblucheniya // Materialy mezhdunarodnoj konferencii Biologicheskie efekty mal'kh doz ioniziruyushchej radiatsii i radioaktivnoe zagryaznenie sredy. Syktyvkar, 2014. S.53-57.
7. Miheeva E.A. Vliyanie mal'kh doz ioniziruyushchego izlucheniya na pokazateli krovi krupnogo rogatogo skota // Zootekhniya. – 2006. – № 7. – S.24-26.
8. Fedotova A.S. Osobennosti funktsional'noj aktivnosti kletok krovi ovec v zonah s razlichnoj plotnost'yu zagryazneniya 137Ss. / A.S. Fedotova // Vestnik Krasnoyarskogo GAU Vyp.4. – Krasnoyarsk, 2019. S 88 – 97.
9. A S Fedotova, G V Makarskaya, S V Tarsikh, E G Turitsyna and V A Kolesnikov. An impact of low doses radiation on the kinetics of reactive oxygen species generation in sheep peripheral blood. 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 412 052016.
10. Fedotova A.S. Vliyanie mal'kh doz ioniziruyushchego izlucheniya na gematologicheskie i immunobiologicheskie pokazateli perifericheskoy krovi ovec / A.S. Fedotova // Nauka i obrazovanie: opyt. Problemy, perspektivy razvitiya. mat-ly mezhd. nauch.-prakt. konf.Ch II. Krasnoyarsk Izd-vo FGOU VPO KrasGAU, 2019. S 264-268.
11. Fedotova A. S. Raschet doz oblucheniya sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh v usloviyakh Krasnoyarskogo kraja / A. S. Fedotova // Nauchno-prakt. rekomendacii. Krasnoyarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – Krasnoyarsk, 2022. – 17 s. Fedotova A. S. Raschet doz oblucheniya sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh v usloviyakh Krasnoyarskogo kraja / A. S. Fedotova // Nauchno-prakt. rekomendacii. Krasnoyarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – Krasnoyarsk, 2022. – 17 s.
12. Smolin, C.G. Fiziologiya sistemy krovi: metodicheskie ukazaniya/ S.G. Smolin, Krasnoyarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnoyarsk, 2014.-S.24-26.
13. Instrukciya po primeneniyu nabora reagentov «Gemoglobin-ol'veks» dlya opredeleniya koncentracii gemoglobina v krovi.
14. Trinder P., Ann. elin. Biochem., 1969.vol.6.p.24
15. Enciklopediya klinicheskikh laboratornykh testov pod redakciej N.Tica.M., 1997. S.960.
16. Amirov D.R., Tamimdarov B.F., Shageeva A.R. Klinicheskaya gematologiya zhivotnykh: Uchebnoe posobie / D.R. Amirov, B.F. Tamimdarov, A.R. Shageeva. - Kazan': Centr informacionnykh tekhnologij KGAVM, 2020. S 126, 129-132.
17. Atlas Sovremennoj radiacionnoj obstanovki na territorii Krasnoyarskogo kraja / Krasnoyarsk. M-vo ekologii i racional'nogo prirodopol'zovaniya Krasnoyarskogo kraja, 2019 – 84s

Информация об авторе

Федотова Арина Сергеевна, канд. биол. наук, доцент кафедры, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск, Россия, krasfas@mail.ru

Author Information

Fedotova Arina S., PhD of Biological Sciences, Associate Professor at the Department, FSEI HPE Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia, krasfas@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 10.10.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022.; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 10.10.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.



Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №4, с. 90-96
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 90-96

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.15/636.034
DOI: 10.36508/RSATU.2022.86.17.013

ВЛИЯНИЕ ТИПА ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛОШАДЕЙ

Евгений Дмитриевич Чиргин¹, Владимир Григорьевич Семенов²✉, Ринат Мансафович Мударисов³

¹ Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия

² Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Чувашская Республика, Россия

³ Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия

¹ chirgindmitrievich@gmail.com

² semenov_v.g@list.ru

³ r-mudarisov@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Нашей работой предусматривалось определение взаимосвязи типов высшей нервной деятельности (ВНД) с молочной продуктивностью кобыл русской тяжеловозной породы при их интенсивном доении.

Методология. Объектом научно-хозяйственного опыта стал дойный табун русской тяжеловозной породы лошадей. Группа животных была отобрана случайным образом из общего поголовья лошадей, которые содержались на племенной кумысной ферме Республики Марий Эл ЗАО ПЗ «Семеновский». В эксперименте участвовали кобылы со сроком хозяйственного использования от 1 до 22 лактаций. Зоогиgienический режим кормления и содержания животных в эксперименте был одинаковым.

Результаты. В ходе исследования у опытных кобыл мы выявили все четыре существующих типа ВНД: 1) сильный уравновешенный подвижный, 2) сильный уравновешенный инертный, 3) сильный неуравновешенный, 4) слабый. Большая часть кобыл фермы (61,25 %) принадлежали типу ВНД – сильный уравновешенный подвижный. Следует отметить, что кобылы с указанным типом ВНД оказались наиболее высокопродуктивными, они имели также наибольшую жирность молока и количество молочного жира за лактацию. У животных с типом ВНД – сильный уравновешенный инертный продуктивное долголетие было самым коротким, пожизненный удой низким, поэтому использование кобыл с этим типом ВНД для производства кобыльего молока нецелесообразно.

Заключение. Было выяснено, что лучше всего к производству молока кобыльего на стационарных кумысных фермах приспособлены животные с типами ВНД: сильный уравновешенный подвижный, сильный неуравновешенный и слабый (отдельные высокомолочные животные). Кобылы с сильным уравновешенным инертным типом ВНД меньше других приспособлены к условиям стационарных кумысных ферм производства молока.

Ключевые слова: лошади, молоко, типы высшей нервной деятельности, удой за лактационный период, пожизненный удой, массовая доля жира

Для цитирования: Чиргин Е. Д., Семенов В. Г., Мударисов Р. М. Влияние типа высшей нервной деятельности на молочную продуктивность лошадей // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022, Т. 14, № 4, С.90-96 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.86.17.013>



Original article

THE INFLUENCE OF THE TYPE OF HIGHER NERVOUS ACTIVITY ON THE DAIRY PRODUCTIVITY OF HORSES**Evgeny D. Chirgin¹, Vladimir G. Semenov²✉, Rinat M. Mudarisov³**¹ Mari State University, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, Russian Federation² Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Chuvash Republic, Russia³ Bashkir State Agrarian University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia¹ chirgindmitrievich@gmail.com² semenov_v.g@list.ru³ r-mudarisov@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The purpose of this work is to determine the relationship of the types of GNI with the milk productivity of mares of the Russian heavy-duty breed during their intensive milking in CJSC "Semenovsky" of the Republic of Mari El.

Methodology. The object of scientific and economic experience was a milking herd of Russian heavy-duty horse breed. A group of animals was randomly selected from the total number of horses that were kept on the breeding kumys farm of the Republic of Mari El CJSC PZ "Semenovsky". The mares participating in the experiment had from one to twenty-two lactation. The conditions of feeding and keeping animals in the experiment were the same.

Results. In the course of our research in experienced mares, we identified all four existing types of GNI: strong, balanced, mobile; strong unbalanced; strong, balanced, inert and weak. Most of the mares of the farm (61.25%) belonged to a strong, balanced, mobile type of GNI. Mares of a strong, balanced, mobile type turned out to be the most productive, they also had the highest fat content of milk and the amount of milk fat per lactation. Animals with a strong, balanced, inert type of GNI have the shortest duration of productive life and the lowest lifetime yield, therefore the use of mares with this type of GNI for the production of mare's milk is impractical.

Conclusion. It was found out that animals with a strong, balanced, mobile type, a strong, unbalanced type and individual high-dairy animals with a weak type of GNI are best adapted to the production of mare's milk on stationary kumys farms. Mares with a strong, balanced, inert type of GNI are less adapted than others to the production of mare's milk on stationary kumys farms.

Key words: horses, milk productivity, type of higher nervous activity, milk yield for lactation, lifetime milk yield, mass fraction of fat

For citation: Chirgin E. D., Semenov V. G., Mudarisov R. M. The influence of the type of higher nervous activity on the dairy productivity of horses. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022, T. 14, № 4, P 90-96 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.86.17.013](https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.86.17.013)

Введение

Молочное коневодство в Российской Федерации в последние годы активно развивается, производятся ценные продукты питания – кобылье молоко и кумыс. Сегодня необходимо использовать современные технологии при разведении продуктивных лошадей в молочных комплексах, внедрять динамический стереотип доения, который позволяет регулировать молочную продуктивность кобыл [2, 3, 6].

Разведение животных, устойчивых к стрессу, является одной из важнейших задач в молочном и мясном животноводстве и улучшении пород лошадей. Особенностью этой методики является физиологический закон взаимосвязи типов ВНД с устойчивостью животных к стресс-факторам и реактивностью организма. Животные с типом ВНД – сильный уравновешенный подвижный наиболее стрессоустойчивы, а нервные процессы обладают силой и подвижностью, которые придают больше реактивности, повышают интенсивность реф-

лекса молокообразования и молокоотдачи.

При стрессах отмечается угнетение процессов роста лошадей, репродуктивной и лактационной деятельности, снижение молочной продуктивности. На молочных фермах на организм лошади оказывает влияние множество стрессовых факторов: параметры среды обитания, комплекс мероприятий ветеринарного и зоотехнического обслуживания, гигиена кормления, травматизм и болезни [3-5].

Анализ реакций поведения тяжеловозных пород лошадей позволяет улучшить их экстерьер и реализовать биоресурсный потенциал продуктивности при заданных зоогигиенических режимах кормления и содержания [1, 7].

В зоотехнии сложилась практика традиционной системы ступенчатого отбора: по экстерьерно-конституциональным особенностям, родословной, молочной продуктивности и качеству потомства, которые с успехом могут быть использованы в племенной работе с учетом этологических осо-



бенностей животных, поскольку прогноз молочной продуктивности кобыл имеет важное значение в молочном производстве [3, 5]. Наблюдения за поведением кобыл русской тяжеловозной породы на племенной кумысной ферме при их интенсивном доении и беспривязном содержании в секциях на глубокой подстилке стали основанием для исследования взаимосвязи типов ВНД и молочной продуктивности.

Цель исследовательской работы – изучение взаимосвязи типов высшей нервной деятельности и молочной продуктивности кобыл русской тяжеловозной породы при их интенсивном доении.

Материалы и методы исследования

Объектом научно-хозяйственного опыта стал дойный табун русской тяжеловозной породы лошадей. Группа животных была отобрана случайным образом из общего поголовья лошадей, которые содержались на племенной кумысной ферме Республики Марий Эл ЗАО ПЗ «Семеновский». В эксперименте участвовали кобылы со сроком хозяйственного использования от 1 до 22 лактаций. Условия кормления и содержания животных в эксперименте были одинаковыми.

Живая масса кобыл кумысной фермы в среднем составляла 630 кг. Содержание было групповое по 12-14 голов на площадках (паддоках) рядом с конюшнями, ночью – в секциях конюшни. Животные имели свободный доступ к кормам и воде. В течение 16 часов – в светлое время суток – кобылы содержались отдельно от жеребят. Доение кобыл осуществлялось интенсивно каждые два часа, в общей сложности восемь раз в сутки. В ночное время кобылы находились с жеребятами, что составляло 8 часов в сутки, когда молодой имел возможность подкрепиться молоком. Машинное доение кобыл было подсосным. Подсосное доение проводится при стимуляции вымени жеребенком, после чего у кобыл активируется рефлекс молокоотдачи. Специально для этого в доильном станке существует загон для жеребенка. Перед доением жеребенка подпускают к одному соску, доярка в это время контролирует второй сосок. Жеребенок отстраняется от вымени сразу же, как только начинается активное выделение

молока. Вымя дезинфицируют и присоединяют двухтактный, двухрежимный автоматический доильный аппарат марки ДДА-2, приспособленный для доения кобыл. Из основных характеристик можно отметить уровень вакуума – 45 кПа, скорость пульсаций – 120-140 циклов/мин.

Молочную продуктивность кобыл определяли градуированными измерительными цилиндрами. Контрольную дойку проводили в каждые десять дней.

Суточный расчетный удой кобыл определяли по формуле И.А. Сайгина:

$$Y_c = \frac{Y_d}{t} \times 24$$

где, Y_c – молочная продуктивность кобылы за сутки, кг;

Y_d – фактический дневной надой, определяемый методом контрольных доений, кг;

t – время нахождения кобылы в процессе доения от момента отбивки жеребят до конца последнего доения, часов;

24 – количество часов в сутках.

Расчетный удой определяли также по месяцам лактации, в среднем за все лактации, и высчитывали пожизненный удой кобыл. Для определения массовой доли жира в молоке использовали кислотный метод Герберта.

Сроки продуктивного долголетия кобыл рассчитывали с начала 1-й лактации до выбытия их из дойного табуна. Для определения типа ВНД кобыл пользовались методикой, предложенной Всероссийским НИИ коневодства. Указанная методика основана на естественных пищевых раздражителях и оценке ответных реакций кобыл на них подходами к кормовому столу. Помимо этого в опытах использовались звуковые и зрительные раздражители. Учитывая основные процессы высшей нервной системы, такие как возбуждение и торможение, кобыл относили к типам ВНД по классификации И.П. Павлова.

Полученные в опытах результаты обрабатывали методами вариационной статистики с применением программы «Excel» офисного программного обеспечения «Microsoft Office».

Таблица 1 – Типы ВНД кобыл подопытных групп

Тип ВНД	Количество животных, %
сильный уравновешенный подвижный	61,25
сильный неуравновешенный	8,75
сильный уравновешенный инертный	13,75
слабый	16,25

Большая часть кобыл фермы (61,25 %) принадлежали типу ВНД – сильный уравновешенный подвижный.

Второе место по численности занимали животные, относившиеся к слабому типу ВНД – 16,25 %. Уже сам этот факт, что на успешно действующей племенной кумысной ферме достаточно большое число животных отнесено к слабому типу ВНД,

свидетельствует о том, что, очевидно, это должны быть не самые низко продуктивные животные на ферме. Третье и четвертое места по количеству поголовья занимали, соответственно, сильный уравновешенный инертный и сильный неуравновешенный типы ВНД.

Наиболее высокопродуктивными оказались кобылы с типами ВНД: сильный уравновешенный



подвижный и сильный неуравновешенный. Следует отметить, что молочная продуктивность этих

лошадей за лактацию оказалась практически одинаковой (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние типов ВНД кобыл на молочную продуктивность за лактацию, кг

Типы ВНД	M±m	Lim: min-max	б	Cv, %
Сильный уравновешенный подвижный	3422,57±77,46	2113-4470	536,69	14,00
Сильный неуравновешенный	3396,89±186,10	2123-4370	617,24	30,00
Сильный уравновешенный, инертный	3080,23±175,69	2502-3793	464,84	38,00
Слабый	3021,29±234,01	1755-4735	843,72	28,00

На 11-13 % от первой и второй группы по удою за одну лактацию отстают кобылы сильного уравновешенного инертного и слабого типов ВНД. Показателен тот факт, что самый высокий удой в среднем за лактацию среди всех обследованных кобыл отмечен у животных со слабым типом ВНД – 4735 кг молока, что показывает ценность этой

группы животных при производстве молока.

Жирность молока кобыл также зависит от типа их высшей нервной деятельности [4]. Установлено, что массовая доля и количество молочного жира за лактацию оказались наивысшими у лошадей с типом ВНД сильный уравновешенный подвижный (табл. 3).

Таблица 3 – Жирность молока кобыл с разным типом ВНД

Типы ВНД	Массовая доля жира, %	Содержание молочного жира в среднем за лактацию, кг
Сильный уравновешенный подвижный тип	1,28	43,81
Сильный неуравновешенный тип	1,14	38,72
Сильный уравновешенный инертный тип	1,05	32,34
Слабый тип	1,03	31,12

Значительно уступали по данным показателям животным первой группы кобылы с типом ВНД сильный неуравновешенный – на 12 %. Животные с типами ВНД сильный уравновешенный инертный и слабый уступали кобылам первой группы по массовой доле жира в молоке, соответственно, на 22 % и 35 %, а по количеству молочного жира за

лактацию, соответственно, на 24 % и 41 %.

Кобылы – позднеспелые, поэтому важное значение имеет продолжительность продуктивного долголетия, для компенсации затрат на их содержание произведенной молочной продукцией (табл. 4)

Таблица 4 – Продолжительность продуктивного долголетия кобыл в зависимости от типов ВНД, лет

Типы ВНД	M±m	Lim: min-max	б	Cv, %
Сильный уравновешенный подвижный	9,8±0,72	1-20	4,99	14,00
Сильный неуравновешенный	8,82±2,00	1-19	6,63	30,00
Сильный уравновешенный инертный	7,86±1,60	4-15	4,22	38,00
Слабый	8,77±1,66	1-18	6,00	28,00

Подопытные животные 1-й группы с типом ВНД сильный уравновешенный подвижный превосходили сверстниц по продуктивному долголетию. Животные 2-й подопытной группы с типом ВНД сильный неуравновешенный по результатам исследований оказались на втором месте по продолжительности хозяйственного использования – у них она была меньше на 0,56 года, или на 6,35 %. Третье место заняли кобылы слабого типа, продолжительность их продуктивного долголетия

уступает первой группе на 0,61 года, или 6,96%. Очевидно, кропотливая работа с животными этой группы принесла свои плоды. Животные с сильным уравновешенным инертным типом ВНД уступали по апробируемому показателю сверстницам остальных групп.

Наибольший пожизненный удой был характерен для кобыл с типом ВНД сильный уравновешенный подвижный (табл. 5).

Таблица 5 – Пожизненный удой кобыл в зависимости от типов ВНД, кг

Типы ВНД	M±m	Lim: min-max	б	Cv, %
Сильный уравновешенный по-движный	26036,82±2102,40	2688-63020	14565,86	14,00
Сильный неуравновешенный	24227,82±5228,68	2123-52698	17341,58	30,00
Сильный уравновешенный инертный	20164,57±3571,05	10482-38196	9448,11	38,00
Слабый	22328,00±4931,87	2251-53642	17782,12	28,00

Пожизненный удой у кобыл сильного неуравновешанного типа был ниже на 1808,91 кг, или 7,47 %, чем у первой группы; они занимают второе место.

Животные со слабым типом ВНД оказались на третьем месте; к примеру, их удой за период хозяйственного использования уступал кобылам 1-й группы на 3708,73 кг, или 16,61 %. Следует отметить, что животные третьей подопытной группы (тип ВНД сильный уравновешенный инертный) имели самые низкие показатели по удою за период хозяйственного использования, уступая сверстницам 1-й группы на 5872,16 кг (29,13 %) молока.

Обсуждение

На стационарных кумысных фермах молоко от кобыл первого типа ВНД (сильный уравновешанный подвижный) получить легче. У кобыл быстро вырабатываются условные рефлексы, при необходимости кобыл можно быстро обучить, развить новые навыки, эти животные более устойчивы к стрессовым факторам. У них самый высокий удой в среднем за одну лактацию, самая высокая жирность молока, наиболее продолжительный период хозяйственного использования и самый высокий пожизненный удой. Животные с данным типом ВНД больше других подходят для получения кобыльего молока в производственных масштабах.

У животных второго типа ВНД (сильный неуравновешенный) наиболее выражен процесс возбуждения, у них легко и быстро формируются условные рефлексы, а тормозные, наоборот, с трудом. Их нужно приучать к доению с минимальными отвлекающими факторами, формируя при этом тормозные рефлексы к сильным внешним раздражителям. Только таким образом от этих кобыл можно получить большое количество молока хорошего качества. Примечателен тот факт, что у них при доении не выявлены случаи неврозов и срывов. Следует особо подчеркнуть, что у кобыл указанного типа ВНД память уступает животным первого или третьего типа, поэтому ряд приобретенных необычных навыков, если длительное время они не повторяются, могут угасать. Так, средний удой за лактацию у них был меньше, чем у коров первого типа. По всем показателям продуктивности кобыльего молока животные этого вида ВНД занимают второе место и пригодны для молочного разведения.

У животных с типом ВНД сильный уравновешенный инертный отмечается недостаточная подвижность нервных процессов и, как следствие, они с трудом переносят смену процессов возбуждения

и торможения, продолжительнее по сравнению со сверстницами других типов привыкают к процессу доения, очень трудно поддаются смене навыков. У таких лошадей молочная продуктивность сохраняется до самого конца лактации. Также следует учитывать, что лошади такого типа очень хорошо и надолго запоминают усвоенные навыки, поэтому в их дрессировке важно избежать ошибок, так как переучить этих животных будет гораздо тяжелее. У лошадей этого типа реакция на стрессовые факторы не прямая, а замедленная, поэтому снижение продуктивности молока после стресса происходит более продолжительное время, чем у лошадей других типов. Вероятно, поэтому они раньше других животных выбраковываются из дойного табуна. Перенапряжение функциональной системы, ответственной за процессы возбуждения или подвижность смены нервных процессов, ведет к вялости, угнетенности и, наконец, уменьшает сроки продуктивного долголетия лошадей этой группы. Значит, у животных такого типа самый короткий период хозяйственного использования и наименьшая продолжительность жизни. Поэтому они менее других пригодны для использования в молочном коневодстве.

Кобылы со слабым типом ВНД характеризуются слабой и недостаточной подвижностью нервных процессов, поэтому они очень чувствительны к раздражителям любого рода, а раздражители чрезмерной силы ослабляют у них условно-рефлекторную деятельность нервной системы. В этой связи следует постепенно приучать таких животных к условным раздражителям, а в случаях проявлений торможения – предоставлять перерывы. При умелой целенаправленной работе с такими лошадьми можно достичь высокой молочной продуктивности. Кобылы со слабым типом ВНД по продуктивному долголетию и пожизненному удою превосходят сверстниц с типом ВНД сильный уравновешенный инертный. Поэтому только отдельные высокопродуктивные особи этого типа ВНД могут быть пригодны для использования в молочном коневодстве и представлять ценность для селекционно-племенной работы.

Заключение

1. Самый высокий удой за лактацию, наибольшую жирность в молоке и количество молочного жира за лактацию имели кобылы с типом ВНД сильный уравновешенный подвижный. Они лучше сверстниц с остальными типами ВНД проявляют защитно-приспособительные механизмы для про-



изводства молока кобыльего на кумысных фермах.

2. Животные с сильным неуравновешенным типом ВНД по всем показателям молочной продуктивности уступают кобылам с сильным уравновешенным подвижным типом ВНД, занимая второе место. Также могут использоваться на кумысных фермах при производстве кобыльего молока.

3. Среди кобыл со слабым типом ВНД имеются отдельные животные с высокой молочной продуктивностью и высоким пожизненным удоем. Поэтому лучшие животные со слабым типом ВНД могут использоваться для производства кобыльего молока на кумысных фермах.

4. У животных с типом ВНД сильный уравновешенный инертный самая короткая продолжительность продуктивной жизни и самый низкий пожизненный удой. Поэтому использование кобыл с этим типом ВНД для производства кобыльего молока нецелесообразно.

Список источников

1. Левченко, И.В. Типы стрессоустойчивости у коров украинской черно-пестрой молочной породы в зависимости от продуктивности и природной резистентности / И.В. Левченко, В.И. Остапенко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства.- 2020.- № 23-2.- С. 232-239.
2. Мазилкин, И.А. Влияние типов высшей нервной деятельности лошадей владимирской тяжелоупряжной породы на экстерьер, племенную ценность и рабочие качества / И.А. Мазилкин // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение.- 2021.- № 1 (65).- С. 88-93.
3. Наумов, М.К. Стрессоустойчивость и резистентность черно-пестрых и помесных первотелок на южном Урале / М.К. Наумов, А.М. Белоусов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета.- 2019.- № 6 (80).- С. 253-256.
4. Скоркина, И.А. Значение типов стрессоустойчивости коров в адаптивной селекции / И.А. Скоркина, С.А. Ламонов, Е.Н. Третьякова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета.- 2019.- № 3 (58).- С. 92-95.
5. Онегов, А.В. Влияние типа высшей нервной деятельности (ВНД) на скорость молокоотдачи дойных кобыл тяжеловозных пород / А.В. Онегов // Перспективы коневодства России в XXI веке: тез. докл. науч.-практ. конф. и координац. совещ., посв. 70-лет. ВНИИ коневодства.- ВНИИ коневодства.- 2000. - ч. 2.- С. 81-83.
6. Онегов, А.В. Отбор кобыл в дойный табун кумысных ферм с учетом типа высшей нервной деятельности: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.В. Онегов. - Казань, 2001. - 19 с.
7. Онегов, А.В. Содержание жира в молоке дойных кобыл в зависимости от типа ВНД / А.В. Онегов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Мосоловские чтения: матер. регион. науч.-практ. конф. - Вып. 3. - Йошкар-Ола, 2001. - С. 282-284.
8. Чеченихина, О.С. Стрессоустойчивость крупного рогатого скота как фактор продуктивного долголетия / О.С. Чеченихина // Вестник биотехнологии.- 2020.- № 4 (25).- С. 2.
9. Чиргин, Е.Д. Взаимосвязь типов высшей нервной деятельности с молочной продуктивностью и молокоотдачей кобыл тяжеловозных пород / Е.Д. Чиргин, В.С. Яворский, К.С. Новоселова // Итоги исследования по коневодству в 1991-95 гг.: тезисы доклада координационного совещания по НИР в коневодстве. - Дивово, 1996. - С. 187-189.
10. Чиргин, Е.Д. Влияние раздоя за первую лактацию кобыл русской тяжеловозной породы на их продуктивное долголетие / Е.Д. Чиргин, В.Г. Семенов, А.И. Стрельников // Коневодство и конный спорт.- 2019.- № 4.- С. 28-30.
11. Юлдашов, Т.С. Выработка рефлекса молокоотдачи у кобыл с разным типом ВНД / Т.С. Юлдашов, Д.А. Барковская // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства.- 2018.- № 20.- С. 367-370.
12. Ayala, I. Changes in serum dehydroepiandrosterone, androstenedione, testosterone, and 17 beta-oestradiol levels associated with disease and surgery in the horse / I. Ayala, N. Martos // Acta veterinaria. Brno.- 2013.- 82 (1).- 91-96.
13. Ayala, I. Cortisol, adrenocorticotrophic hormone, serotonin, adrenaline and noradrenaline serum concentrations in relation to disease and stress in the horse / I. Ayala, N.F. Martos, G. Silvan et al. // Res. Vet. Sci.- 2012.- 93.- 103-107.
14. Elize van Vollenhoven. Salivary glucocorticoid and fecal glucocorticoid metabolite concentrations in pony mares during transrectal palpation of the reproductive tract by veterinary students / Elize van Vollenhoven, C.C. Grant, L. Fletcher et. al. // Journal of equine veterinary science.- 2018.- 70.- 7-12.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Levchenko, I.V. Tipy stressoustojchivosti u korov ukrainskoj cherno-pestroj molochnoj porody v zavisimosti ot produktivnosti i prirodnoj rezistentnosti / I.V. Levchenko, V.I. Ostapenko // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva.- 2020.- № 23-2.- S. 232-239.
2. Mazilkin, I.A. Vliyanie tipov vysshej nervnoj deyatel'nosti loshadej vladimirskoj tyazheloupryazhnoj porody na ekster'er, plemennuyu cennost' i rabochie kachestva / I.A. Mazilkin // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie.- 2021.- № 1 (65).- S. 88-93.
3. Naumov, M.K. Stressoustojchivost' i rezistentnost' cherno-pestryh i pomesnyh pervotelok na yuzhnom Urale / M.K. Naumov, A.M. Belousov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.- 2019.- № 6 (80).- S. 253-256.



4. Skorkina, I.A. Znachenie tipov stressoustojchivosti korov v adaptivnoj selekcii / I.A. Skorkina, S.A. Lamonov, E.N. Tretyakova // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.- 2019.- № 3 (58).- S. 92-95.
5. Onegov, A.V. Vliyanie tipa vysshej nervnoj deyatel'nosti (VND) na skorost' molokootdachi dojnyh kobyel tyazhelovoznykh porod / A.V. Onegov // Perspektivy konevodstva Rossii v XXI veke: tez. dokl. nauch.-prakt. konf. i koordinac. soveshch., posv. 70-let. VNII konevodstva.- VNII konevodstva.- 2000. - ch. 2.- S. 81-83.
6. Onegov, A.V. Otbor kobyel v dojnyj tabun kumysnykh ferm s uchedom tipa vysshej nervnoj deyatel'nosti: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk / A.V. Onegov. - Kazan', 2001. - 19 s.
7. Onegov, A.V. Soderzhanie zhira v moloke dojnyh kobyel v zavisimosti ot tipa VND / A.V. Onegov // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyajstva: Mosolovskie chteniya: mater. region. nauch.-prakt. konf. - Vyp. 3. - Yoshkar-Ola, 2001. - S. 282-284.
8. Chechenihina, O.S. Stressoustojchivost' krupnogo rogatogo skota kak faktor produktivnogo dolgoletiya / O.S. Chechenihina // Vestnik biotekhnologii.- 2020.- № 4 (25).- S. 2.
9. Chirgin, E.D. Vzaimosvyaz' tipov vysshej nervnoj deyatel'nosti s molochnoj produktivnost'yu i molokootdachej kobyel tyazhelovoznykh porod / E.D. Chirgin, V.S. Yavorskij, K.S. Novoselova // Itogi issledovaniya po konevodstvu v 1991-95 gg.: tezisy doklada koordinatsionnogo soveshchaniya po NIR v konevodstve. - Divovo, 1996. - S. 187-189.
10. Chirgin, E.D. Vliyanie razdoya za pervuyu laktatsiyu kobyel russkoj tyazhelovoznoj porody na ih produktivnoe dolgoletie / E.D. Chirgin, V.G. Semenov, A.I. Strel'nikov // Konevodstvo i konnyj sport.- 2019.- № 4.- S. 28-30.
11. Yuldashov, T.S. Vyrabotka refleksa molokootdachi u kobyel s raznym tipom VND / T.S. Yuldashov, D.A. Barkovskaya // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyajstva.- 2018.- № 20.- S. 367-370.
12. Ayala, I. Changes in serum dehydroepiandrosterone, androstenedione, testosterone, and 17 beta-oestradiol levels associated with disease and surgery in the horse / I. Ayala, N. Martos // Acta veterinaria. Brno.- 2013.- 82 (1).- 91-96.
13. Ayala, I. Cortisol, adrenocorticotrophic hormone, serotonin, adrenaline and noradrenaline serum concentrations in relation to disease and stress in the horse / I. Ayala, N.F. Martos, G. Silvan et al. // Res. Vet. Sci.- 2012.- 93.- 103-107.

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

Чиргин Евгений Дмитриевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии производства продукции животноводства аграрно-технологического института, Марийский государственный университет, chirgindmitrievich@gmail.com

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

Мударисов Ринат Мансафович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных, Башкирский государственный аграрный университет, r-mudarisov@mail.ru

Author Information

Chirgin Evgeny D., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Livestock Production Technology of the Agrarian and Technological Institute, Mari State University, chirgindmitrievich@gmail.com

Semenov Vladimir G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, semenov_v.g@list.ru

Mudarisov Rinat M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Beekeeping, Private Animal Husbandry and Animal Breeding, Bashkir State Agrarian University, r-mudarisov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; одобрена после рецензирования 09.12.2022.; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 24.10.2022; approved after reviewing 09.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №4, с.97-105
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 97-105

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Обзорная статья
УДК 636.082.12:636.22/.28.033
DOI 10.36508/RSATU.2022.24.19.014

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ КАЧЕСТВА МЯСА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Анатолий Феофанович Шевхужев¹✉, Александр Юрьевич Криворучко², Лариса Николаевна Скорых³, Надежда Сергеевна Сафонова⁴

^{1,2,3,4} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр», г. Михайловск, Россия

¹ shevkhuzhevaf@yandex.ru

²rcvm@yandex.ru

³smu.sniizhk@yandex.ru

⁴ safonova-nadezhda-s@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью данной статьи является анализ некоторых генов-кандидатов для использования в качестве молекулярно-генетических маркеров мясной продуктивности крупного рогатого скота.

Методология. Материалы и методы исследования представляют собой аналитический обзор возможностей молекулярной биологии, которые могут быть использованы для анализа целых геномов в поисках полиморфизмов, влияющих на производственные признаки с дальнейшей перспективой развития отрасли.

Результаты. На сегодняшний день увеличение производства качественной и конкурентоспособной говядины является одной из актуальных проблем. Однако оптимизация производства говядины – очень сложный и трудоемкий процесс, поэтому прогресс в этой области возможен благодаря точности определения племенной ценности животных. Поэтому селекция во многих странах мира с развитым животноводством ведется преимущественно с использованием современных молекулярно-генетических технологий, позволяющих повысить точность оценки и прогнозирования экономически значимых показателей продуктивных животных. Популярность молекулярно-генетических методов в животноводстве обусловлена экономическими преимуществами их применения, так как они позволяют вести селекцию животных на основе генетических особенностей. Поэтому быстрое улучшение качественно-количественных признаков у крупного рогатого скота, которые имеют экономическое значение, будет зависеть от идентификации основных генов, а также от изучения специфических генетических полиморфизмов в основных генах, ответственных за изменчивость показателей этих признаков. В статье рассмотрены потенциальные гены-кандидаты, контролируемые экономически важные признаки при производстве говядины, а также характеристика геномных методов для идентификации генетических вариаций. К настоящему времени многие полиморфизмы в генах были проанализированы и установлены ассоциации с количественно-качественными показателями говядины от мясных пород скота, что послужит ценной базой для разработки методики по контролю качественных показателей мясной продукции.

Заключение. Таким образом, ускорение племенной работы и селекции крупного рогатого скота возможно путем формирования стад с желательным уровнем продуктивности при сокращении времени селекционного процесса. В настоящее время развитие молекулярно-генетических методов исследований позволяет проводить генотипирование с применением ДНК-маркеров ряда генов и способствует более полному использованию и сохранению генетического потенциала высокой мясной продуктивности.

Ключевые слова: КРС, мясная продуктивность, SNP, миостатин, соматотропин, лептин, кальпаин, кальпластатин, С-рецептор ретиноевой кислоты, диацилглицеро- ацилтрансферазы-1, стеароил-КоА-дегидрогеназа

Для цитирования: Шевхужев А.Ф., Криворучко А.Ю., Скорых Л.Н., Сафонова Н.С. Генетические маркеры качества мяса у крупного рогатого скота (обзорная статья) // Вестник РГАТУ, 2022, Т. 14, № 4, С. 97-105 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.24.19.014>



GENETIC MARKERS OF MEAT QUALITY IN CATTLE

Anatoly F. Shevkhuzhev¹✉, Aleksandr Yu. Krivoruchko², Larisa N. Skorykh³, Nadezhda S. Safonova⁴^{1,2,3,4} Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center", Mikhailovsk Russia¹shevkhuzhevaf@yandex.ru²rcvm@yandex.ru³smu.sniizhk@yandex.ru⁴safonova-nadezhda-s@yandex.ru**Abstract.****Problem and purpose.** The purpose of this article is to analyze some candidate genes for use as molecular genetic markers of beef productivity of cattle.**Methodology.** The materials and methods of the study are an analytical overview of the possibilities of molecular biology, which can be used to analyze entire genomes in search of polymorphisms affecting production characteristics with a further perspective of the industry development.**Results.** To date, increasing the production of high-quality and competitive beef is one of the urgent problems. However, the optimization of beef production is a very complex and time-consuming process, so progress in this area is possible due to the accuracy of determining the breeding value of animals. Therefore, breeding in many countries of the world with developed animal husbandry is carried out mainly with the use of modern molecular genetic technologies that allow to increase the accuracy of assessment and forecasting of economically significant indicators of productive animals. The popularity of molecular genetic methods in animal husbandry is due to the economic advantages of their use, since they allow for the selection of animals based on genetic characteristics. Therefore, the rapid improvement of qualitative and quantitative traits in cattle, which are of economic importance, will depend on the identification of the main genes, as well as on the study of specific genetic polymorphisms in the main genes responsible for the variability of indicators of these traits. The article discusses potential candidate genes that control economically important traits in beef production, as well as the characteristics of genomic methods for identifying genetic variations. To date, many polymorphisms in genes have been analyzed and associations have been established with quantitative and qualitative indicators of beef from meat breeds of cattle, which will serve as a valuable basis for the development of methods for monitoring the quality indicators of meat products.**Conclusion.** Thus, the acceleration of breeding and breeding work of cattle is possible by forming herds with the desired level of productivity while reducing the time of the breeding process. Currently, the development of molecular genetic research methods allows genotyping using DNA markers of a number of genes and contributes to a more complete use and preservation of the genetic potential of high meat productivity.**Key words:** cattle, meat productivity, SNP, myostatin, somatotropin, leptin, calpain, calpastatin, retinoic acid C-receptor, diacylglycerol-acyltransferase-1, stearoyl-CoA-desaturase**For citation:** Shevkhuzhev A.F., Krivoruchko A.Y., Skorykh L.N., Safonova N.S. Genetic markers of meat quality in cattle // Vestnik RGAU, 2022, T. 14, № 4, P 97-105 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.24.19.014>**Введение**

В последние десятилетия ускорение селекционного процесса происходит по пути развития генетики на молекулярном уровне, а также определения и изучения генов, в определенной степени связанных с развитием организма и желательными хозяйственно-полезными признаками продуктивности. Возможности, предлагаемые методами молекулярной биологии, могут быть использованы для анализа целых геномов в поисках полиморфизмов, влияющих на производственные признаки и, следовательно, на рентабельность отрасли животноводства.

В классических программах генетического улучшения отбор и оценка животных проводится на основе производственных характеристик, со знанием только родословной животных. При этом требуется больше времени и процесс становится

еще более трудоемким, чем проведение анализа по установлению генотипа животного, который позволяет определять генетическую предрасположенность особи.

Накопленные знания генетической основы качественных характеристик продуктивности животных приобретают большое значение, позволяя проводить отбор на основе молекулярных маркеров. При этом существенных успехов в данном направлении добились в мясном скотоводстве. Данные технологии стали неотъемлемой частью национальных селекционных программ во многих странах с развитым животноводством и оказывают значительное воздействие на улучшение признаков мясной продуктивности и эффективность производства мяса.

Мясная промышленность является важной отраслью агропромышленного сектора. В обеспече-



нии населения белком животного происхождения важная роль отводится мясному скотоводству. Более 60 субъектов Российской Федерации в настоящее время занимается разведением крупного рогатого скота мясных пород. Наибольшее поголовье мясного скота по данным на 2021 год сосредоточено в Приволжском федеральном округе (704,2 тыс. голов), Южном федеральном округе (658,1 тыс. голов), Сибирском федеральном округе (585,0 тыс. голов), Северо-Кавказском федеральном округе (377,9 тыс. голов) и Дальневосточном федеральном округе (292,1 тыс. голов). Высокая конкурентоспособность современного рынка говядины и растущие потребительские спросы вынуждают производителей обеспечить продукцию самого высокого качества. Ведь качество мяса является важным аспектом не только для перерабатывающей промышленности, но и для потребителей.

В России производство говядины в основном строится на реализации поголовья скота молочных и комбинированных пород. Повышенный интерес к мясному скотоводству возник лишь в последние годы, поэтому в ближайшее время развитие отечественного мясного скотоводства является одним из стратегических направлений. Решить проблему увеличения уровня воспроизводства и повышения выхода мяса, а также повысить производительность скотоводства позволит применение современных ДНК-технологий.

Геномная селекция при оценке продуктивных качеств животных пользуется особым преимуществом по отношению к другим методам и позволяет установить генотип сразу же после рождения [1]. При этом становится возможным отбор высокопродуктивных по мясным показателям животных с особо ценными вариациями аллелей, а также установление их наследуемости. Поскольку большинство хозяйственно полезных селекционных признаков имеет полиморфный характер, то большей частью показатели продуктивности животных являются комплексными. Это зависит от работы значительного числа генов, каждый из которых играет определенную роль в действии целого генома. Но при этом важно учитывать predisposedness животного к тому, чтобы максимально проявить свой генетический потенциал под воздействием факторов окружающей среды, условий кормления и содержания.

Как известно, для анализа используется широкий спектр методов, начиная с тех, которые основаны на амплификации нуклеиновых кислот (ПЦР - ПДРФ), а также с помощью секвенирования по Сэнгеру, до высокопроизводительных методов секвенирования следующего поколения (NGS). При исследовании общегеномных ассоциаций (GWAS) основываются на выявлении корреляции между фенотипом и генетическим маркером, что стало возможно с появлением высокопроизводительного генотипирования однонуклеотидных полиморфизмов (SNP), которые могут быть связаны с характеристиками мясной продуктивности у крупного рогатого скота.

Установлено, что ряд вариаций последовательностей в генах-кандидатах связан с качественными характеристиками говядины, такими как сочность [2], содержание внутримышечного жира [3], изменение цвета при хранении [4] и профиль жирных кислот [5, 6]. Большинство идентифицированных вариаций имеют форму однонуклеотидных полиморфизмов (SNP). Поэтому исследования по выявлению полиморфизма в генах, связанных с формированием количественно-качественных параметров мышечной и жировой ткани мясного скота, являются актуальными [7, 8].

Выявление однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) в генах, связанных с мясной продуктивностью, позволило установить их связь с такими характеристиками мяса, как количественный выход мяса (миостатин, *MSTN*), нежность и цвет (кальпаин, *CAPN*, кальпастатин, *CAST*, лептин, *LEP*), мраморность (С-рецептор ретиноевой кислоты, *RORC*, диацилглицеро-ацилтрансферазы-1, *DGAT1*, лептин, *LEP*, гормон роста, *GH*), pH и вододерживающая способность (стеароил-КоА-дегидрогеназа, *SCD*).

Одним из наиболее перспективных генов, который влияет на количественные показатели мясной продуктивности, является ген миостатин (*MSTN*). *MSTN* стимулирует постнатальный рост мышечной массы, ингибируя активацию клеток-сателлитов. Белок, кодируемый этим геном, синтезируется в качестве белка-предшественника и тормозит развитие мышечных тканей. Изменения в последовательности гена, приводящие к нефункциональным продуктам экспрессии, приводят к чрезмерному росту мышечной ткани [9]. Мутации в гене *MSTN* могут принимать форму *indel*-полиморфизмов, включающих вставку дополнительного нуклеотида или делецию того, который присутствует в последовательности. Мутации, вызывающие удвоение мускулатуры, также могут быть заменами. У животных бельгийской голубой породы при удалении 11 нуклеотидов в экзоне III гена миостатина приводит к изменению в рамке считывания и, таким образом, формируется фенотип с двойной мускулатурой, характерный для этой породы.

Вместе с тем, с увеличением массы животного при рождении возрастает риск осложнений во время отела [10]. Несомненно, это является весомым недостатком у пород крупного рогатого скота с двойной мускулатурой. Однако животные, у которых был обнаружен *SNP* в позиции 282 экзона 3 гена *MSTN*, ответственный за изменение аминокислоты лейцин на фенилаланин. При этом наблюдалась промежуточная мускулатура между нормальным фенотипом и двойной мускулатурой, что способствовало снижению рисков отела. Также Laville E. и др. [11] установили, что мясо гомозиготных особей с генотипом AA (кодирующий лейцин в обоих локусах) содержало более чем на 14 % меньше коллагена, чем мясо особей с диким генотипом (CC).

Гормон роста является одним из маркерных генов мясной продуктивности, поскольку при ускорении метаболизма может способствовать росту



многих органов и тканей [12], которые непосредственно участвуют в стимулировании роста белка, мышц и катаболизме жира [13]. Ускоренный синтез *РНК* на рибосомах приводит к активному поступлению аминокислот в клетку, что существенно повышает скорость синтеза белка, распад высших жирных кислот и глюкозы в мышечной ткани. Гормон роста оказывает также влияние на действие других гормонов, включая активацию анаболических процессов, при этом происходит изменение скорости протекания обменных процессов в организме [14]. Изменения в функциональной области рецептора гена *GH* (*GHR*) могут изменять пути связывания и передачи сигналов самого гена, а впоследствии и активность *GH* в тканях [15]. *GH* и *GHR* были связаны с массой тела и мраморностью. Проведенные исследования показали связь *SNP* с.457C>G с характеристиками крупного рогатого скота: жир на крупе, масса туши и площадь мышечного глазка. Установлена более высокая толщина жира у носителей гомозиготного генотипа *CC* [16].

При исследовании Carro et al. (2000) были выявлены закономерности, которые связаны с различным уровнем *LEP* в организме. Таким образом, повышение или снижение уровня лептина приводит к изменению секреции гормона роста. При этом существует вероятность связывания лептина с белками гена гормона роста, поскольку структура этих генов аналогична.

Лептин (*LEP*) считается одним из лучших биологических маркеров, отражающих упитанность туши и энергетический метаболизм всего организма [17, 18]. Гормон *LEP* секретируется жировой тканью и может быть обнаружен в эпителиальных клетках желудка. Он участвует в гомеостатической системе, ответственной за усвоение, хранение и использование энергии из питательных веществ. Таким образом, считается, что он связан с жиром туши, массой тела и скоростью роста крупного рогатого скота [16]. Также *LEP* оказывает воздействие на экономически значимые факторы, связанные с регуляцией пищевого поведения (потребление корма животными), увеличением массы тела и отложением жира. При понижении уровня лептина в плазме крови может наблюдаться спад активности щитовидной железы, расхода энергии, синтеза белка и даже блокирование репродуктивной функции животного. Изучение полиморфных вариантов в промоторной части гена *LEP* позволило установить генотипы *CT* и *TT*, которые связаны с большей толщиной жира в мясе по сравнению с животными носителями генотипа *CC*, что может определять мраморность мясной части туши крупного рогатого скота [19].

Ген, продуцирующий кальпастанин (*CAST*), расположен на 7 хромосоме крупного рогатого скота, а генетический маркер в этом гене связан с нежностью мяса [20, 21]. Кальпастанин (*CAST*) вместе с кальпаином участвует в протеолизе миофибриллярных белков во время созревания мяса. Он ингибирует активность μ - и m -кальпаинов и, следовательно, регулирует посмертный протео-

лиз. Исследование в 3'UTR-области гена *CAST* позволило установить замену гуанина на аденин, что связано с более низкими значениями нежности и сочности мяса для гетерозиготных животных. В то же время, аналогичные ассоциации были обнаружены с низкими значениями в отношении животных гомозиготных генотипов [22].

Кальпаин (*CAPN*) кодирует внутриклеточные активированные кальцием цистеиновые протеазы, участвующие в физиологических и патологических процессах; отвечает за ремоделирование белков, поддерживающих структуру скелетной мышцы [23, 24].

Гены *CAPN* и *CAST* кодируют протеолитические ферменты, которые активны в присутствии ионов кальция и участвуют в расщеплении белков, состоящих из миофибрилл. Генетические различия в последовательностях генов *CAST*, *CAPN1* и μ *CAPN* обычно связаны с вариативностью генотипов, приводящих к фенотипическому эффекту с лучшими параметрами нежности, без понижения других важных характеристик мяса [25, 26]. Выявленный *SNP* в гене *CAPN1* с.947G>C, ответственный за замену аланина на глицин, ассоциируется с нежностью мяса у крупного рогатого скота породы Ангус и Бельмонт [27].

Исследование корейского аборигенного крупного рогатого скота позволило установить связь между *SNP*, расположенным в промоторной части (3'UTR-область) гена *CAPN1* (с.2151*479C>T), и более высокой оценкой мраморности для животных с генотипом *CC*. Однако этот *SNP* не показал ассоциаций с массой охлажденной туши. Более того, ассоциативное исследование популяции комбинированного типа продуктивности скота в Ирландии выявило связь между *SNP* в экзоне 9 гена *CAPN* с заменой аминокислоты аланин на глицин и параметром силы сдвига, причем более высокое значение установлено для носителей генотипа *GG* [28].

Стеарил-Ко Адесатураза (ген *SCD*) представляет собой фермент, участвующий в превращении насыщенных жирных кислот в ненасыщенные в адипоцитах млекопитающих (путем введения двойной связи). Для жвачных животных ненасыщенные жирные кислоты, поступающие с кормом, обрабатываются микроорганизмами в рубце и адсорбируются в виде насыщенных. Это является ключевым фактором метаболизма липидов в организме животного, поскольку недостаток этого фермента приводит к снижению содержания жира в тканях и снижению липидного барьера кожи [29]. Исследование, проведенное на японском черном крупном рогатом скоте, выявило восемь *SNP* в полноразмерной кДНК гена *SCD*, из которых три были расположены в пределах 5' UTR-области. Причем, *SNP* (T878C), который вызывает замену аминокислоты валин на аланин в кодируемом белке связан с более высоким процентом мононенасыщенных жирных кислот (*MUFA*) во внутримышечном жире [30].

Кроме того, было проведено ассоциативное исследование на помесных животных, у кото-



рых идентифицированы три *SNP*: g.4706C>T, g.7534G>A и g.7864C>T, связанные с отложением жира в скелетных мышцах и составом жирных кислот [31]. Таким образом, в пределах этой генной структуры положительно связана замена g.4706C>T с относительными количествами насыщенных жирных кислот (*SFA*) и мононенасыщенных жирных кислот (*MUFA*). Замена g.7534G>A гена *SCD* связана с большей мраморностью говядины у животных с генотипом *GG*, чем у животных *CC* и относительно количеством насыщенных жирных кислот (*SFA*). Количество *SFA*, *MUFA* и *CLA* (конъюгированная линолевая кислота) установлено на более высоком значении для замены g.7864C>T в гене *SCD* у носителей генотипа *CC* по сравнению с животными *TT* генотипа.

Ген диацилглицеро-ацилтрансферазы-1 (*DGAT1*) считается важнейшим микросомальным ферментом, который катализирует последнюю стадию синтеза триглицеридов. Роль гена *DGAT1* в липидном обмене заключается в участии фермента в процессе преобразования углеводов в жиры и сохранении их в жировых депо. Также обнаружено влияние гена *DGAT1* на энергетический баланс тела, метаболические функции крови, мягкость мяса [32]. В исследовании, проведенном на крупном рогатом скоте (породы: Simmental, Hereford, Limousin, Angus, Charolais, Luxi, Qinchuan, Jinnan) были выявлены ассоциации между *SNP* c.572A>G и толщиной подкожного жира, мраморностью, цветом жира и силой сдвига мяса. Так, животные с генотипом *BB* отличались более высокими значениями толщины подкожного жира, но меньшими значениями мраморности, цвета жира и силой сдвига мяса, чем животные с генотипом *AA*. Однако выявлено, что замена c.1416T>G связана с более высокими значениями толщины подкожного жира задней части туши и более низкими значениями площади длиннейшей мышцы и силы сдвига для животных генотипа *FF* относительно носителей генотипа *EE* [33].

Ассоциации мраморности мяса могут быть связаны с геном *C*-рецептора ретиноевой кислоты (*RORC*), которая активно экспрессируется в скелетных мышцах [34]. *C*-рецептор ретиноевой кислоты относится к семейству рецепторов тироидных и стероидных гормонов щитовидной железы [35, 36] и связывает как ретиноевую кислоту, так и тироидные гормоны. У животных с высокой степенью мраморности мяса были обнаружены две однонуклеотидные замены в гене *RORC*, которые ассоциированы с высокой степенью этого признака [37, 38]. Установлена ассоциация локуса *RORC-A* (экзон 1) и локуса *RORC-G* (интрон 6) с мраморностью мяса крупного рогатого скота японской черной породы. Так, наиболее высокой оценкой мраморности отличались носители генотипа *AA* по локусу *RORC-G* и *GG* по локусу *RORC-A* относительно носителей других генотипов [39].

Тем не менее, прежде чем полученная информация о маркерах может быть использована в программах разведения, важно проведение исследований на различных породах для того, чтобы

установить наблюдаемые эффекты в популяции.

Заключение

Таким образом, проведение дальнейших исследований подтверждает необходимость поиска и изучения ДНК-маркеров, ассоциированных с количественно-качественными признаками мясной продуктивности крупного рогатого скота для большей эффективности селекционно-племенной работы, что будет способствовать увеличению уровня производства качественной говядины и повышению рентабельности отрасли скотоводства.

Список источников

1. Goddard M. E., Hayes B. J. Mapping genes for complex traits in domestic animals and their use in breeding programmes // *Nature Reviews Genetics*. – 2009. – Т. 10. – №. 6. – С. 381-391.
2. Gill J. L. et al. Pleistocene megafaunal collapse, novel plant communities, and enhanced fire regimes in North America / Gill J. L. et al. // *Science*. – 2009. – Т. 326. – №. 5956. – С. 1100-1103.
3. Bonilla C. A. et al. Association of CAPN1 316, CAPN1 4751 and TG5 markers with bovine meat quality traits in Mexico // *Genet Mol Res*. – 2010. – Т. 9. – №. 4. – С. 2395-2405. Li X. et al. Association of polymorphisms at *DGAT1*, *leptin*, *SCD1*, *CAPN1* and *CAST* genes with color, marbling and water holding capacity in meat from beef cattle populations in Sweden // *Meat science*. – 2013. – Т. 94. – №. 2. – С. 153-158.
4. Li X. et al. Association of polymorphisms at *DGAT1*, *leptin*, *SCD1*, *CAPN1* and *CAST* genes with color, marbling and water holding capacity in meat from beef cattle populations in Sweden // *Meat science*. – 2013. – Т. 94. – №. 2. – С. 153-158.
5. Taniguchi M. et al. Genotype of stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle // *Mammalian genome*. – 2004. – Т. 15. – №. 2. – С. 142-148.
6. Sevane N. et al. Polymorphisms in twelve candidate genes are associated with growth, muscle lipid profile and meat quality traits in eleven European cattle breeds // *Molecular biology reports*. – 2014. – Т. 41. – №. 7. – С. 4721-4731.
7. Новые подходы к производству говядины на основе современных биоинженерных технологий / И. Ф. Горлов, В. И. Левахин, Д. А. Ранделин/ Калмыцкий государственный университет. – Элиста : Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова. – 2015. – 250 с.
8. Sedykh T. A. et al. GH and *DGAT1* gene polymorphism effect on beef production traits of Hereford and Limousine bull calves // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2017. – Т. 8. – №. 1. – С. 1425-1435.
9. Wiener P. et al. The effects of a mutation in the myostatin gene on meat and carcass quality // *Meat Science*. – 2009. – Т. 83. – №. 1. – С. 127-134.
10. Bellinge R. H. S. et al. Myostatin and its implications on animal breeding: a review // *Animal genetics*. – 2005. – Т. 36. – №. 1. – С. 1-6.
11. Laville E. et al. Differences in pig muscle proteome according to HAL genotype: implications for meat quality defects // *Journal of Agricultural and Food*



Chemistry. – 2009. – Т. 57. – №. 11. – С. 4913-4923.

12. Butler A. A., Roith D. L. Control of growth by the somatotropic axis: growth hormone and the insulin-like growth factors have related and independent roles // *Annual review of physiology*. – 2001. – Т. 63. – №. 1. – С. 141-164. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.physiol.63.1.141>

13. Chen D. et al. Expression and ontogeny of growth hormone (Gh) in the protogynous hermaphroditic ricefield eel (*Monopterus albus*) // *Fish physiology and biochemistry*. – 2015. – Т. 41. – №. 6. – С. 1515-1525. <http://dx.doi.org/10.1007/s10695-015-0104-3>

14. Malewa, A. D. Growth hormone gene polymorphisms of Indonesia fat tailed sheep using PCR-RFLP and their relationship with growth traits / A.D.Malewa, L.Hakim, S.Maylinda and M.H. Husain // *Livestock Research for Rural Development*. – 2014. – №26. – p.101-109.

15. Di Stasio L. et al. Polymorphism of the GHR gene in cattle and relationships with meat production and quality // *Animal Genetics*. – 2005. – Т. 36. – №. 2. – С. 138-140. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2005.01244.x>

16. Barendse W. et al. The growth hormone 1 GH1: c. 457C> G mutation is associated with intramuscular and rump fat distribution in a large sample of Australian feedlot cattle // *Animal Genetics*. – 2006. – Т. 37. – №. 3. – С. 211-214. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2006.01432.x>

17. Carro E. et al. Circulating insulin-like growth factor I mediates effects of exercise on the brain // *Journal of Neuroscience*. – 2000. – Т. 20. – №. 8. – С. 2926-2933.

18. Javanmard, A. Polymorphism within the intron region of the bovine Leptin gene in Iranian Sarabi cattle (IRANIAN *Bos taurus*) / A. Javanmard, M.R. Mohammad Abadi, G.E. Zarrigabayi, A.A. Gharahedaghi, M.R. Nassiry, Javadmansh A. and Asadzadeh N. // *Russian Journal of Genetics*. – 2008. – 44(4). – p.1-4.

19. Nassiry, M.R. Leptin gene polymorphism in Iranian native Golpayegani and Taleshi cows / M.R. Nassiry, A.H. Moussavi, A.R. Alashawkany and S. Ghovat // *Pak. J. Biol. Sci.* – 2007. – №10 – p.3738-3741.

20. Serenius T., Stalder K. J. Selection for sow longevity // *Journal of Animal Science*. – 2006. – Т. 84. – №. suppl_13. – С. E166-E171.

21. Barendse W. et al. Epistasis between calpain 1 and its inhibitor calpastatin within breeds of cattle // *Genetics*. – 2007. – Т. 176. – №. 4. – С. 2601-2610.

22. Casas E. et al. Assessment of single nucleotide polymorphisms in genes residing on chromosomes 14 and 29 for association with carcass composition traits in *Bos indicus* cattle // *Journal of animal science*. – 2005. – Т. 83. – №. 1. – С. 13-19.

23. Montes, V.D. Polymorphisms of the calpain and calpastatin genes in two populations of colombian creole sheep / V.D. Montes, V.C. Lenis, H.D. Hernández // *Revista MVZ Córdoba*. – 2019. – V. 24. – №. 1. – pp. 7113-7118.

24. Gebreselassie, G. Genomic mapping identifies two genetic variants in the MC1R gene

for coat colour variation in Chinese Tan sheep / G. Gebreselassie, B. Liang, H. Berihulay, R. Islam, A. Abied, L. Jiang, Y. Ma // *PloS one*. – 2020. – V. 15. – №. 8. – P. e0235426.

25. Cafe L.M., McIntyre B.L., Robinson D.L., Geesink G.H., Barendse W., Greenwood P.L. Production and processing studies on calpain-system gene markers for tenderness in Brahman cattle: 1. Growth, efficiency, temperament, and carcass characteristics. - *Journal of Animal Science*. – 2010a. – 88: 3047–3058.

26. Cafe L.M., McIntyre B.L., Robinson D.L., Geesink G.H., Barendse W., Pethick D.W., Thompson J.M., Greenwood P.L. Production and processing studies on calpain-system gene markers for tenderness in Brahman cattle: 2. Objective meat quality. *Journal of Animal Science*. - 2010b. - 88: 3059–3069.

27. Barendse W. et al. Epistasis between calpain 1 and its inhibitor calpastatin within breeds of cattle // *Genetics*. – 2007. – Т. 176. – №. 4. – С. 2601-2610.

28. Costello S, O'Doherty E, Troy DJ, et al. Association of polymorphisms in the calpain I, calpain II and growth hormone genes with tenderness in bovine *M. longissimus dorsi*. *Meat Sci*. – 2007. - 75:551-7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.06.021>

29. Bartoň L. et al. Associations of polymorphisms in bovine DGAT1, FABP4, FASN, and PPARGC1A genes with intramuscular fat content and the fatty acid composition of muscle and subcutaneous fat in Fleckvieh bulls // *Meat Science*. – 2016. – Т. 114. – С. 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.004>

30. Taniguchi M. et al. Genotype of stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle // *Mammalian genome*. – 2004. – Т. 15. – №. 2. – С. 142-148.

31. Jiang Z. et al. Significant associations of stearoyl-CoA desaturase (SCD1) gene with fat deposition and composition in skeletal muscle // *International journal of biological sciences*. – 2008. – Т. 4. – №. 6. – С. 345.

32. Hirwa C. A. et al. Genes related to economically important traits in beef cattle // *Asian J. Anim. Sci.* – 2011. – Т. 5. – С. 34-45. <https://doi.org/10.3923/ajas.2011.34.45>

33. Yuan Z. et al. Effects of DGAT1 gene on meat and carcass fatness quality in Chinese commercial cattle // *Molecular Biology Reports*. – 2013. – Т. 40. – №. 2. – С. 1947-1954.

34. El-Hack A. et al. The application of gene marker-assisted selection and proteomics for the best meat quality criteria and body measurements in Qinchuan cattle breed // *Molecular biology reports*. – 2018. – Т. 45. – №. 5. – С. 1445-1456. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4211-y>

35. Ekerljung M. et al. Associations between candidate SNPs in the calpain 1, calpastatin and leptin genes and meat tenderness among Swedish beef populations // *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*. – 2012. – Т. 62. – №. 3. – С. 114-119. <https://doi.org/10.1080/09064702.2012.747559>

36. Bhat Z. F. et al. Role of calpain system in meat



tenderness: A review //Food Science and Human Wellness. – 2018. – Т. 7. – №. 3. – С. 196-204.<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.08.002>

37. Oh D., Lee Y., Yeo J. Identification of the SNP (single nucleotide polymorphism) of the stearoyl-CoA desaturase (SCD) associated with unsaturated fatty acid in Hanwoo (Korean cattle) //Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2011. – Т. 24. – №. 6. – С. 757-765. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10410>

38. Fortes M. R. S. et al. Bovine gene polymorphisms related to fat deposition and meat tenderness //Genetics and Molecular Biology. – 2009. – Т. 32. – С. 75-82.<https://doi.org/10.1590/S1415-47572009000100011>

39. Barendse W. et al. A validated whole-genome association study of efficient food conversion in cattle //Genetics. – 2007. – Т. 176. – №. 3. – С. 1893-1905.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Goddard M. E., Hayes B. J. Mapping genes for complex traits in domestic animals and their use in breeding programmes //Nature Reviews Genetics. – 2009. – Т. 10. – №. 6. – С. 381-391.
2. Gill J. L. et al. Pleistocene megafaunal collapse, novel plant communities, and enhanced fire regimes in North America / Gill J. L. et al. //Science. – 2009. – Т. 326. – №. 5956. – С. 1100-1103.
3. Bonilla C. A. et al. Association of CAPN1 316, CAPN1 4751 and TG5 markers with bovine meat quality traits in Mexico //Genet Mol Res. – 2010. – Т. 9. – №. 4. – С. 2395-2405. Li X. et al. Association of polymorphisms at DGAT1, leptin, SCD1, CAPN1 and CAST genes with color, marbling and water holding capacity in meat from beef cattle populations in Sweden //Meat science. – 2013. – Т. 94. – №. 2. – С. 153-158.
4. Li X. et al. Association of polymorphisms at DGAT1, leptin, SCD1, CAPN1 and CAST genes with color, marbling and water holding capacity in meat from beef cattle populations in Sweden //Meat science. – 2013. – Т. 94. – №. 2. – С. 153-158.
5. Taniguchi M. et al. Genotype of stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle //Mammalian genome. – 2004. – Т. 15. – №. 2. – С. 142-148.
6. Sevane N. et al. Polymorphisms in twelve candidate genes are associated with growth, muscle lipid profile and meat quality traits in eleven European cattle breeds //Molecular biology reports. – 2014. – Т. 41. – №. 7. – С. 4721-4731.
7. Novye podhody k proizvodstvu govyadiny na osnove sovremennykh bioinzhenernykh tekhnologij / I. F. Gorlov, V. I. Levahin, D. A. Randelin/ Kalmyskij gosudarstvennyj universitet. – Elista : Kalmyskij gosudarstvennyj universitet imeni B.B. Gorodovikova. – 2015. – 250 s.
8. Sedykh T. A. et al. GH and DGAT1 gene polymorphism effect on beef production traits of Hereford and Limousine bull calves //Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2017. – Т. 8. – №. 1. – С. 1425-1435.
9. Wiener P. et al. The effects of a mutation in the myostatin gene on meat and carcass quality //Meat Science. – 2009. – Т. 83. – №. 1. – С. 127-134.
10. Bellinge R. H. S. et al. Myostatin and its implications on animal breeding: a review //Animal genetics. – 2005. – Т. 36. – №. 1. – С. 1-6.
11. Laville E. et al. Differences in pig muscle proteome according to HAL genotype: implications for meat quality defects //Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2009. – Т. 57. – №. 11. – С. 4913-4923.
12. Butler A. A., Roith D. L. Control of growth by the somatotropic axis: growth hormone and the insulin-like growth factors have related and independent roles //Annual review of physiology. – 2001. – Т. 63. – №. 1. – С. 141-164.<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.physiol.63.1.141>
13. Chen D. et al. Expression and ontogeny of growth hormone (Gh) in the protogynous hermaphroditic ricefield eel (Monopterus albus) //Fish physiology and biochemistry. – 2015. – Т. 41. – №. 6. – С. 1515-1525. <http://dx.doi.org/10.1007/s10695-015-0104-3>
14. Malewa, A. D. Growth hormone gene polymorphisms of Indonesia fat tailed sheep using PCR-RFLP and their relationship with growth traits / A.D. Malewa, L. Hakim, S. Maylinda and M.H. Husain // Livestock Research for Rural Development. – 2014. – №26. – p.101-109.
15. Di Stasio L. et al. Polymorphism of the GHR gene in cattle and relationships with meat production and quality //Animal Genetics. – 2005. – Т. 36. – №. 2. – С. 138-140.<https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2005.01244.x>
16. Barendse W. et al. The growth hormone 1 GH1: c. 457C> G mutation is associated with intramuscular and rump fat distribution in a large sample of Australian feedlot cattle //Animal Genetics. – 2006. – Т. 37. – №. 3. – С. 211-214.<https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2006.01432.x>
17. Carro E. et al. Circulating insulin-like growth factor I mediates effects of exercise on the brain //Journal of Neuroscience. – 2000. – Т. 20. – №. 8. – С. 2926-2933.
18. Javanmard, A. Polymorphism within the intron region of the bovine Leptin gene in Iranian Sarabi cattle (IRANIAN Bos taurus) / A. Javanmard, M.R. Mohammad Abadi, G.E. Zarrigabayi, A.A. Gharahedaghi, M.R. Nassiry, Javadmansh A. and Asadzadeh N. // Russian Journal of Genetics. – 2008. – 44(4). – p.1–4.
19. Nassiry, M.R. Leptin gene polymorphism in Iranian native Golpayegani and Taleshi cows / M.R. Nassiry,



- A.H. Moussavi, A.R. Alashawkany and S. Ghovat // *Pak. J. Biol. Sci.* – 2007. – №10 – p.3738-3741.
20. Serenius T., Stalder K. J. Selection for sow longevity // *Journal of Animal Science.* – 2006. – T. 84. – №. suppl_13. – C. E166-E171.
21. Barendse W. et al. Epistasis between calpain 1 and its inhibitor calpastatin within breeds of cattle // *Genetics.* – 2007. – T. 176. – №. 4. – C. 2601-2610.
22. Casas E. et al. Assessment of single nucleotide polymorphisms in genes residing on chromosomes 14 and 29 for association with carcass composition traits in *Bos indicus* cattle // *Journal of animal science.* – 2005. – T. 83. – №. 1. – C. 13-19.
23. Montes, V.D. Polymorphisms of the calpain and calpastatin genes in two populations of colombian creole sheep / V.D. Montes, V.C. Lenis, H.D. Hernández // *Revista MVZ Córdoba.* – 2019. – V. 24. – №. 1. – pp. 7113-7118.
24. Gebreselassie, G. Genomic mapping identifies two genetic variants in the MC1R gene for coat colour variation in Chinese Tan sheep / G. Gebreselassie, B. Liang, H. Berihulay, R. Islam, A. Abied, L. Jiang, Y. Ma // *PloS one.* – 2020. – V. 15. – №. 8. – P. e0235426.
25. Cafe L.M., McIntyre B.L., Robinson D.L., Geesink G.H., Barendse W., Greenwood P.L. Production and processing studies on calpain-system gene markers for tenderness in Brahman cattle: 1. Growth, efficiency, temperament, and carcass characteristics. - *Journal of Animal Science.* – 2010a. – 88: 3047–3058.
26. Cafe L.M., McIntyre B.L., Robinson D.L., Geesink G.H., Barendse W., Pethick D.W., Thompson J.M., Greenwood P.L. Production and processing studies on calpain-system gene markers for tenderness in Brahman cattle: 2. Objective meat quality. *Journal of Animal Science.* - 2010b. - 88: 3059–3069.
27. Barendse W. et al. Epistasis between calpain 1 and its inhibitor calpastatin within breeds of cattle // *Genetics.* – 2007. – T. 176. – №. 4. – C. 2601-2610.
28. Costello S, O'Doherty E, Troy DJ, et al. Association of polymorphisms in the calpain I, calpain II and growth hormone genes with tenderness in bovine *M. longissimus dorsi*. *Meat Sci.* – 2007. - 75:551-7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.06.021>
29. Bartoň L. et al. Associations of polymorphisms in bovine DGAT1, FABP4, FASN, and PPARGC1A genes with intramuscular fat content and the fatty acid composition of muscle and subcutaneous fat in Fleckvieh bulls // *Meat Science.* – 2016. – T. 114. – C. 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.004>
30. Taniguchi M. et al. Genotype of stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle // *Mammalian genome.* – 2004. – T. 15. – №. 2. – C. 142-148.
31. Jiang Z. et al. Significant associations of stearoyl-CoA desaturase (SCD1) gene with fat deposition and composition in skeletal muscle // *International journal of biological sciences.* – 2008. – T. 4. – №. 6. – C. 345.
32. Hirwa C. A. et al. Genes related to economically important traits in beef cattle // *Asian J. Anim. Sci.* – 2011. – T. 5. – C. 34-45. <https://doi.org/10.3923/ajas.2011.34.45>
33. Yuan Z. et al. Effects of DGAT1 gene on meat and carcass fatness quality in Chinese commercial cattle // *Molecular Biology Reports.* – 2013. – T. 40. – №. 2. – C. 1947-1954.
34. El-Hack A. et al. The application of gene marker-assisted selection and proteomics for the best meat quality criteria and body measurements in Qinchuan cattle breed // *Molecular biology reports.* – 2018. – T. 45. – №. 5. – C. 1445-1456. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4211-y>
35. Ekerljung M. et al. Associations between candidate SNPs in the calpain 1, calpastatin and leptin genes and meat tenderness among Swedish beef populations // *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A–Animal Science.* – 2012. – T. 62. – №. 3. – C. 114-119. <https://doi.org/10.1080/09064702.2012.747559>
36. Bhat Z. F. et al. Role of calpain system in meat tenderness: A review // *Food Science and Human Wellness.* – 2018. – T. 7. – №. 3. – C. 196-204. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.08.002>
37. Oh D., Lee Y., Yeo J. Identification of the SNP (single nucleotide polymorphism) of the stearoyl-CoA desaturase (SCD) associated with unsaturated fatty acid in Hanwoo (Korean cattle) // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* – 2011. – T. 24. – №. 6. – C. 757-765. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10410>
38. Fortes M. R. S. et al. Bovine gene polymorphisms related to fat deposition and meat tenderness // *Genetics and Molecular Biology.* – 2009. – T. 32. – C. 75-82. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572009000100011>
39. Barendse W. et al. A validated whole-genome association study of efficient food conversion in cattle // *Genetics.* – 2007. – T. 176. – №. 3. – C. 1893-1905.

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

Шевхужев Анатолий Феофанович, д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНЦ», shevkhuzhevaf@yandex.ru

Криворучко Александр Юрьевич, д-р биол. наук, главный научный сотрудник лаборатории ге-



номной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», rcvm@yandex.ru

Скорых Лариса Николаевна, д-р биол. наук, доцент, главный научный сотрудник отдела овцеводства и козоводства ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», smu.sniizhk@yandex.ru

Сафонова Надежда Сергеевна, мл. научн. сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», safonova-nadezhda-s@yandex.ru

Author Information

Shevkhuzhev Anatoly F., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Industrial Technology of Livestock Production of VNIIOK – branch of the North Caucasian FNAC, shevkhuzhevaf@yandex.ru

Krivoruchko Aleksandr Yu., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, rcvm@yandex.ru

Skorykh Larisa N., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Department of Sheep and Goat Breeding of VNIIOK – branch of the North Caucasian FNAC, of VNIIOK – branch of the North Caucasian FNAC, smu.sniizhk@yandex.ru

Safonova Nadezhda S., postgraduate student at the Department of sheep breeding of VNIIOK – branch of the North Caucasian FNAC, of VNIIOK – branch of the North Caucasian FNAC, safonova-nadezhda-s@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 02.11.2022; одобрена после рецензирования 06.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 02.11.2022; approved after reviewing 06.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, № 4, с. 106-113
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, № 4, pp 106-113

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.171
DOI: 10.36508/RSATU.2022.75.73.015

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПОДПРУЖИНЕННОГО ЛЕМЕХА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Юрий Николаевич Абрамов¹, Михаил Юрьевич Костенко², Михаил Борисович Угланов³, Юрий Алексеевич Юдаев⁴ ✉

^{1,2,3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹ urjabramov78@gmail.ru

² kostenko.mihail2016@yandex.ru

³ university@rgatu.ru

⁴ yu.yudaev@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью исследований являлось математическое моделирование работы подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна для получения количественных энергетических характеристик.

Методология. Исследования были проведены в Рязанском государственном агротехнологическом университете имени П.А. Костычева с помощью компьютерного моделирования.

Результаты. Результаты численного моделирования однозначно показывают, что использование подпружиненного лемеха при уборке урожая картофеля позволяет качественно отделять комья почвы от клубней.

Заключение. Анализ результатов моделирования работы подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна, позволил сделать следующие выводы. Средняя скорость движения определяется скоростью движения картофелеуборочной машины, но использование пружины позволяет увеличить пиковую скорость взаимодействия плуга с почвой примерно на 25 %. С учетом того, что время прохождения пласта почвы по лемеху, учитывая его геометрические размеры, составляет примерно 0,5 с, пружинные колебания оказывают воздействие на каждый пласт обрабатываемого субстрата. В некоторые интервалы времени к энергии поступательного движения лемеха добавляется энергия, около 35 %, запасенная в пружине, что способствует дополнительному размельчению комьев.

Ключевые слова: математическое моделирование, подпружиненный лемех, картофель, уборка урожая

Для цитирования: Абрамов Ю.Н., Костенко М.Ю., Угланов М.Б., Юдаев Ю.А., Математическое моделирование работы подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т. 14, №4. С 106-113 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.75.73.015>

TECHNICAL SCIENCES

Original article

MATHEMATICAL MODELING OF A SPRING TUSK OPERATION IN A POTATO HARVESTER

Yuri N. Abramov¹, Mikhail Yu. Kostenko² ✉, Mikhail B. Uglanov³, Yuri A. Yudaev⁴

^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian

¹ urjabramov78@gmail.ru

² kostenko.mihail2016@yandex.ru

³ university@rgatu.ru

⁴ yu.yudaev@mail.ru



Abstract.

Problem and purpose. The purpose of the research was mathematical modeling of a spring tusk operation in a potato harvester to obtain quantitative energy characteristics.

Methodology. The research was carried out at Ryazan State Agrotechnological University using computer modeling.

Results. The results of numerical modeling clearly show that the use of a spring tusk when potato harvesting allows more efficient separation of soil clods from tubers.

Conclusion. Analysis of the results of modeling the operation of a spring tusk of a potato harvester allowed to draw the following conclusions. The average speed is determined by the speed of a potato harvester, but the use of a spring allows to increase the peak speed of interaction of the plow with the soil by about 25%. Taking into account the fact that the soil layer moves through the tusk for approximately 0.5 s., taking into account its geometric dimensions, spring vibrations affect each layer of the substrate being treated. At some times, the energy 35% stored in the spring is added to the energy of the translational movement of the tusk, which contributes to additional crushing of the substrate.

Key words: mathematical modeling, spring-loaded plowshare, potatoes, harvesting

For citation: Abramov Yu.N., Kostenko M.Yu., Uglanov M.B., Yudaev Yu.A. Mathematical modeling of a spring tusk operation in a potato harvester. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; No. 14(4). P106-113 (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.75.73.015>

Введение

Картофель является одной из основных сельскохозяйственных культур, которая возделывается в различных климатических регионах и на различных почвах. Он возделывается как на легких почвах и ровных поверхностях, так и на тяжелых суглинках. Основным способом уборки картофеля является использование подкапывающего лемеха для подрезания пласта почвы. Клубни вместе с почвой и остатками ботвы поступают на элеватор картофелеуборочной машины. На легких песчаных почвах отделение клубней от субстрата не вызывает трудностей. Однако при уборке урожая на черноземе могут образовываться комья, соизмеримые по своим размерам с картофелем. В этом случае требуется дополнительная сепарация с использованием дополнительных ресурсов и оборудования, что приводит к дополнительным трудозатратам и увеличению себестоимости продукции [1].

Методы исследования

При движении лемеха разрушение поверхностного слоя почвы имеет нелинейный характер, который сложно описать с помощью математических формул. Происходит постоянное изменение различных взаимодействующих сил и поэтому при обработке почвы можно использовать понятия средней и мгновенной энергий, которые затрачиваются на разрушение поверхностного слоя.

В соответствии с теорией А. Гриффитса [2] уравнение энергетического баланса разрушения имеет вид:

$$\frac{d}{dt}(W - U) = 0,$$

где W – потенциальная энергия деформации;

U – поверхностная энергия трещины.

Решение этого уравнения позволяет определить напряжение разрушения поверхностного слоя почвы:

$$U = U_1 - U_2 + U_3,$$

где U_1 – накопленная под воздействием сжатия лемехом пласта почвы потенциальная энергия;

U_2 – энергия, которая высвобождается при образовании трещин;

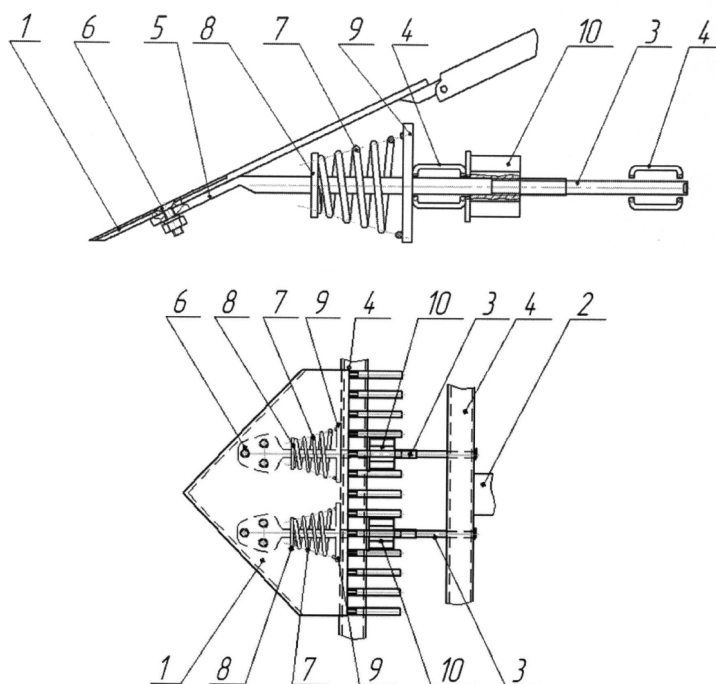
U_3 – поверхностная энергия образовавшейся трещины.

Экспериментальные данные показывают, что заявленная сила сжатия может возникать при скоростях движения более 14 км/ч. При выкапывании картофеля лемех движется со скоростью до 6 км/ч и для полного крошения необходимо более чем в два раза увеличить скорость движения. Это приведет к росту тягового сопротивления и повреждению корнеплодов. С учетом того, что при уборке картофеля не нужно полное крошение поверхностного слоя, а только разбивание комьев почвы, то энергия воздействия может быть уменьшена.

Для увеличения эффективности необходимы инновационные способы обработки почвы и рабочие органы, которые работают не только на сжатие поверхностного слоя, но и используют другие принципы механического воздействия. Хорошего понимания протекающих при этом процессов можно добиться при использовании методов математического моделирования.

Для удаления комков почвы можно использовать методы, основанные на измельчении за счет механического воздействия, в частности, вибрации [3-5].

Конструктивно такой метод может быть реализован в выкапывающем устройстве картофелеуборочной машины, в котором лемех представляет собой подпружиненную пластину (рис.1).



1 – подпружиненный лемех; 2 – рама; 3 – кронштейны, 4 – поперечные опоры;
5 – лапки кронштейнов; 6 – болтовое соединение; 7 – коническая пружина; 8 – шайба;
9 – упорная шайба; 10 – гайки

Рис. 1 – Устройство для выкапывания картофеля

(1 - spring-loaded plowshare; 2- frame; 3 - brackets, 4 - transverse supports; 5 - legs of the brackets; 6 - bolted connection; 7 - conical spring; 8 - washer; 9 - thrust washer; 10 - nuts.

Fig.1 - Device for digging potatoes)

Степень сжатия пружины определяется жесткостью пружин и может изменяться с помощью закручивания или откручивания гайки 10. Такая регулировка позволяет оперативно настраивать параметры вибрации в полевых условиях в зависимости от свойства почвы.

В поперечном отверстии рамы 2 установлены кронштейны лемеха 3. Лемех закреплен на двух кронштейнах, на которых установлена пружина сжатия 7.

Устройство для выкапывания картофеля работает следующим образом. До начала процесса уборки пружины настроены на необходимое усилие сжатия. Пружины удерживают лемех в крайнем положении. При заглублении и поступательном движении вперед на лемех действует переменная сила трения о почву. Движение с неравномерным трением лемеха приводит к затухающим колебаниям, которые поддерживаются энергией поступательного движения. Почвенный пласт испытывает дополнительное механическое воздействие и более интенсивно разрушается на отдельные составляющие. Частота вибрации лемеха определяется жесткостью пружины, массой лемеха с учетом массы почвы, скорости движения и силой трения о почву.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведем моделирование работы лемеха с учетом вибрации и с применением общепринятых математических методов численного моделирования [6-8]. При расчетах заменим две пружины од-

ной с эквивалентным коэффициентом жесткости k .

Работу подпружиненного лемеха можно разделить на три фазы:

- начальная фаза, при которой происходит первоначальное сжатие пружины;
- рабочая фаза, при которой происходят постоянные колебания лемеха, зависящие от структуры почвы;
- завершающая фаза, при которой происходят затухающие колебания, и пружина переводит лемех в первоначальное состояние.

Все три режима могут быть промоделированы с использованием дифференциального уравнения, описывающего затухающие гармонические колебания:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -b \frac{dx}{dt} - kx \quad (1)$$

где x – изменение длины пружины от первоначальной величины;

m – суммарная масса лемеха с почвой и картофелем;

k – сила сопротивления, действующая на пружину;

b – коэффициент сопротивления среды, в которой находится лемех.

Схематично принцип работы подпружиненного лемеха показан на рисунке 2.

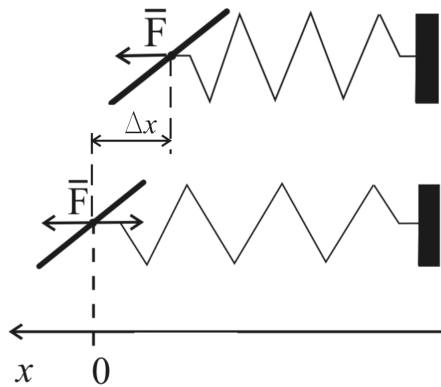


Рис. 2 – Принцип работы подпружиненного лемеха

(Fig.–2 The principle of a spring tusk operation)

При моделировании были сделаны следующие основные допущения:

- моделирование основано на решении уравнения (1);
- все коэффициенты входящие в (1) зависят от времени;
- решение уравнения (1) осуществляется путем сведения его к множеству квазистационарных состояний на равномерном временном шаге. Все коэффициенты, входящие в (1) на каждом шаге, являются величинами постоянными;
- жесткость пружины не зависит от степени ее сжатия;
- сила сопротивления, действующая на пружину, является величиной случайной, которая определяется нормальным законом распределения на каждом интервале времени:

$$k(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (2)$$

где σ – генеральное стандартное отклонение;

μ – генеральное среднее арифметическое;

e – основание натурального логарифма.

При $\sigma = 1$ и $\mu = 0$ моделирование можно проводить при нормальном законе распределения случайной величины. Изменение $k(x)$ лежит в диапазоне, характерном для заданного вида почвы.

- почва является средой изотропной.

Введя частоту колебаний ω_0 , запишем уравнение (1) в виде:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta(t) \frac{dx}{dt} + \omega_0^2(t)x = 0, \quad (3)$$

где:

$$\beta(t) = \frac{b(t)}{2m} \quad (4)$$

$$\omega_0(t) = \sqrt{\frac{k(t)}{m}} \quad (5)$$

$$\omega(t) = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (6)$$

Коэффициент трения для разных почв находится в диапазоне от 0,25 до 0,9 при угле трения от 14 до 42 градусов. Например, при $b = 0,5$ угол вхождения лемеха в почву составляет 26 градусов.

Для решения уравнения (3) применялся численный метод Рунге-Кутты четвертого порядка точности с ошибкой на одном шаге $O(dt^5)$ и с суммарной ошибкой на конечном интервале интегрирования $O(dt^4)$.

Моделирование проводилось при следующих основных параметрах: размах колебаний пружины составлял 0,04 м, масса плуга 20 кг, масса почвы на плуге изменялась от 30 до 70 кг, жесткость пружины находилась в интервале 800-2000 Н/м.

Начальная фаза. На начальной фазе осуществляется «взвод» пружины. Если предположить, что скорость движения лемеха изменяется в соответствии с графиком, приведенным на рисунке 3, то сжатие пружины, в соответствии с направлением оси x , показанном на рисунке 2, может иметь различные варианты в зависимости от жесткости пружины (рис. 4).

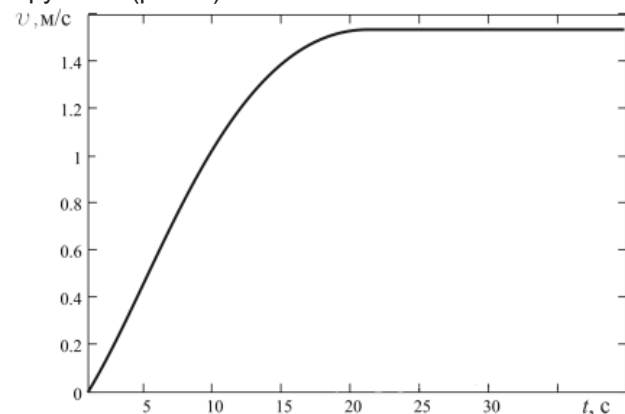


Рис. 3 – Возможный вариант скорости движения лемеха

(Fig.–3 Possible option for the tusk speed)

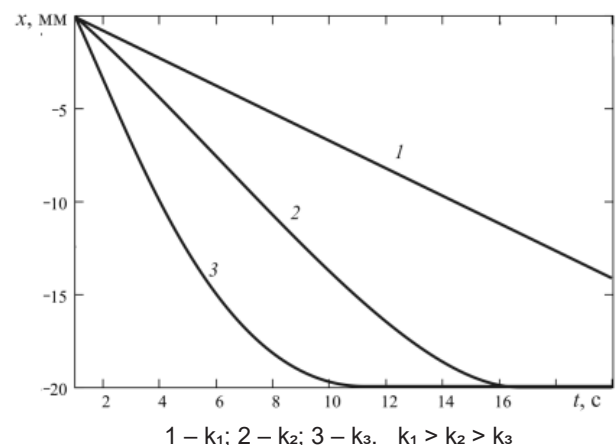


Рис. 4 – Сжатие пружины на этапе разгона лемеха до постоянной скорости в зависимости от жесткости k

(Fig.– 4 Compression of the spring at the stage of accelerating the tusk to a constant speed depending on stiffness k)



Если принять условие, при котором скорость движения лемеха и сопротивление почвы не изменятся во времени, то подпружиненный лемех совершит затухающее колебание и перейдет в состояние сжатия (рисунки 5 и 6). На рисунках представлены временные диаграммы в относительных единицах на одинаковой сетке для двух значений жесткости пружины k_1 и k_2 при соотношении $k_1 > k_2$

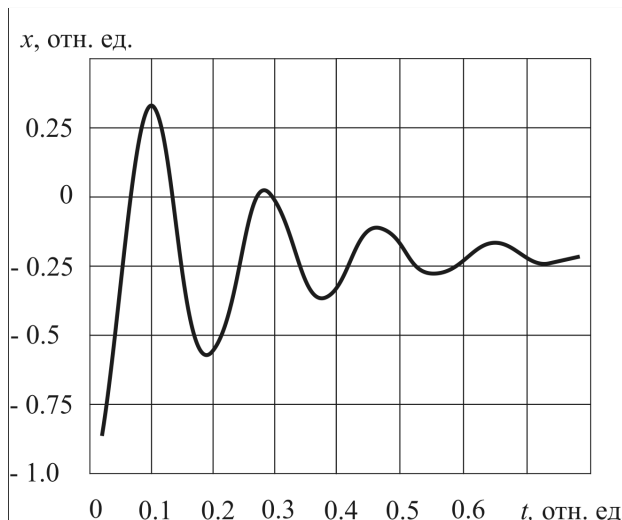


Рис. 5 – Временная диаграмма колебания лемеха

с жесткостью пружины k_1

(Fig.–5 Timing diagram of the oscillation for the tusk with spring stiffness k_1)

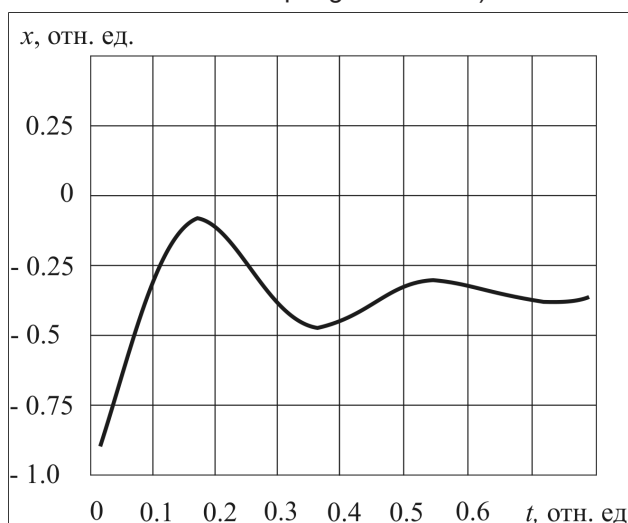


Рис. 6 – Временная диаграмма колебания лемеха

с жесткостью пружины k_2

(Fig.– 6 Timing diagram of the oscillation for the tusk with spring stiffness k_2)

Более жесткая пружина имеет большую амплитуду колебания и большую частоту затухающих колебаний.

Рабочая фаза. В случае если почва имеет различное сопротивление движению лемеха, то в пружине запасается потенциальная энергия (энергия сжатия), которая при уменьшении давления на лемех переходит в кинетическую энергию. Потенциальная энергия, запасенная в пружине,

вычисляется по формуле:

$$E_n = \frac{k\Delta x^2}{2}, \quad (7)$$

где: k – жесткость пружины,

Δx – изменение длины пружины.

При изменении величины силы F , действующей на лемех, потенциальная энергия переходит в кинетическую энергию:

$$E_k = \frac{mv_{np}^2}{2}, \quad (8)$$

где m – суммарная масса лемеха, почвы и корнеплодов,

v_{np} – скорость движения лемеха за счет силы сжатия пружины. Эта скорость не учитывает поступательное движение, возникающее при тяговом воздействии.

Полная кинетическая энергия должна учитывать скорость, которая складывается в векторной форме со скоростью движения пружины и тяговой скоростью u_t :

$$U = U_{np} + U_t \quad (9)$$

Тяговая скорость при уборке картофеля составляет 6 км/ч или примерно 1,7 м/с. Скорость пружины можно определить по формуле:

$$v_{np} = \frac{dx}{dt} \approx \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (10)$$

С учетом того, что уравнение (1) решается на каждом временном шаге с разными значениями коэффициентов, скорость движения пружины целесообразно находить численными методами с использованием формулы численного дифференцирования, используя при этом центральную разность:

$$v_{np} \approx \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2\Delta t}, \quad (11)$$

где x_{i-1} , x_{i+1} – положение пружины в некоторые моменты времени.

Движение подпружиненного лемеха является недетерминированным процессом и зависит от случайных факторов. На рисунке 7 показана временная диаграмма одного из возможных вариантов движения подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна. На рисунках 8 и 9 приведены взаимосвязанные диаграммы скорости движения подпружиненного лемеха и кинетической энергии движения, вызванной колебательными движениями.

При компьютерном моделировании и расчете колебаний пружины на коэффициент трения лемеха о почву накладывалась случайная функция, лежащая в характерном диапазоне для обработки земли от 0,25 до 0,9. Например, в языке программирования C++ случайные величины могут быть генерированы функцией `rand()`, находящейся в стандартной библиотеке.

Завершающая фаза. Во время завершающей фазы, после остановки движения комбайна,



подпружиненный лемех совершает затухающие колебания, теряя при этом запасенную энергию (рис.10).

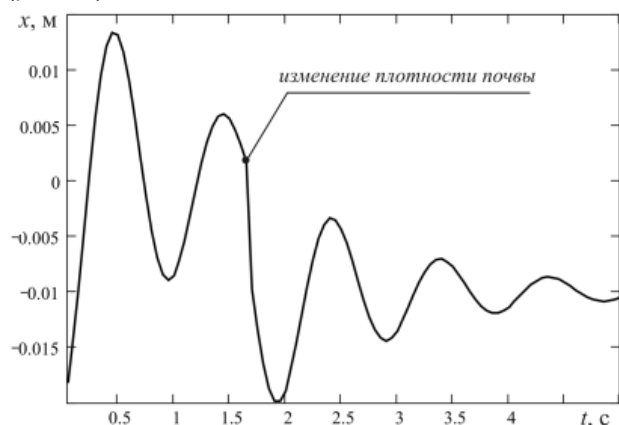


Рис. 7 – Моделированное движение подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна
(Fig.-7 Simulated movement of a spring tusk in a potato harvester)

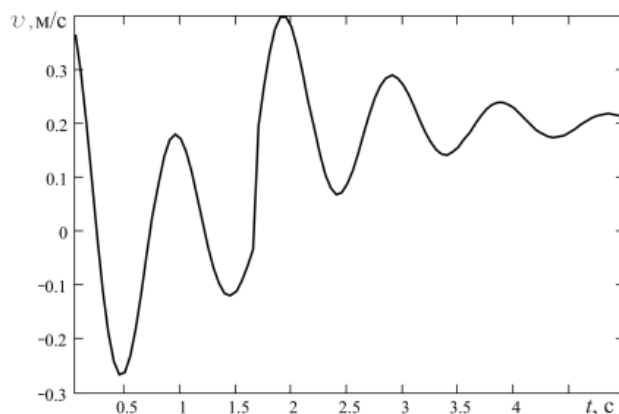


Рис. 8 – Скорость движения подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна
(Fig.-8 The speed of a spring tusk of a potato harvester)

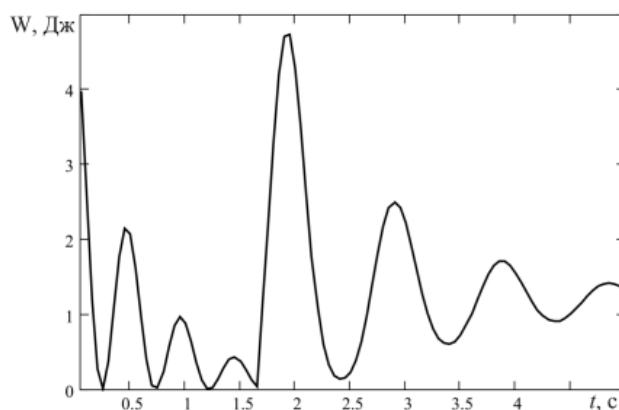


Рис. 9 – Кинетическая энергия движения подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна
(Fig.-9 Kinetic energy of movement of a spring tusk in a potato harvester)

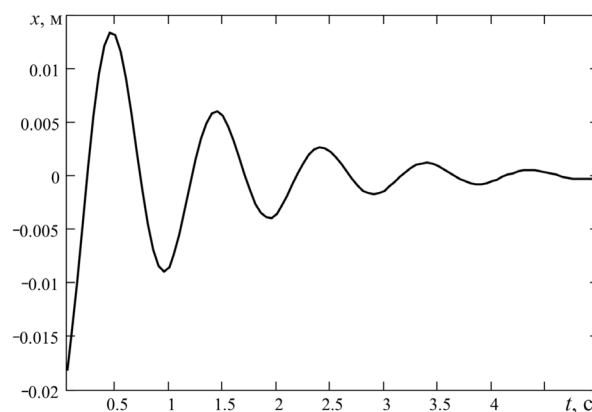


Рис. 10 – Завершающая фаза движения подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна
(Fig.-10 The final phase of the movement of a spring tusk of a potato harvester)

Заключение

Анализ результатов моделирования работы подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна, позволил сделать следующие выводы.

Средняя скорость движения определяется скоростью движения картофелеуборочной машины, но использование пружины позволяет увеличить пиковую скорость взаимодействия плуга с почвой примерно на 25 %. С учетом того, что время прохождения пласта почвы по лемеху, учитывая его геометрические размеры, составляет примерно 0,5 с, пружинные колебания оказывают воздействие на каждый пласт обрабатываемого субстрата.

В некоторые интервалы времени к энергии поступательного движения лемеха добавляется энергия, около 35 %, запасенная в пружине, что способствует дополнительному размельчению комьев.

Используя параметры пружины на начальной фазе движения, показанные на рисунке 4, можно регулировать степень сжатия для наиболее эффективной работы лемеха.

Созданная математическая модель может быть положена в основу построения других моделей обработки почвы, в которых используются колебательные процессы и использоваться в образовательном процессе при подготовке специалистов агропромышленного комплекса [9-12].

Список источников

1. Метод уменьшения энергозатрат в агропромышленном комплексе // Юдаев Ю.А., Бышов, Д.Н. В сборнике: приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 503-507.
2. Griffith A. A. The phenomena of rupture and flow in solids // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A. 1921, Vol. 221, # 2, P. 163- 198. / В книге: Пестриков В. М., Морозов Е. М. Механика разрушения. Курс лекций. - СПб.:



Профессия, 2012, Приложение 1, с. 435–461

3. Модернизированный ботводробитель БД-4М Угланов М.Б., Иванкина О.П., Абрамов Ю.Н., Воронкин Н.М. В сборнике: Актуальные проблемы и их инновационные решения в АПК. Сборник научных трудов. Посвящается 60-летию инженерного факультета. Рязань, РГАТУ, 2011. С. 101-103.

4. Лабораторно-полевые исследования модернизированной ботвоуборочной машины БД-4М Угланов М.Б., Иванкина О.П., Попов А.С., Бышов Д.Н., Абрамов Ю.Н. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 78. С. 403-412.

5. Validating the parameters of the rotary device for potato haulm removal Byshov N.V., Borychev S.N., Abramov Yu.N., Uglanov M.B., Kostenko M.Yu., Rembalovich G.K. Bioscience Biotechnology Research Communications. 2019. T. 12. № S5. С. 312-322.

6. Моделирование работы ротора ботводробительной машины с шарнирными ножами Абрамов Ю.Н., Бышов Н.В., Угланов М.Б., Юдаев Ю.А. В сборнике: Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса. Материалы Национальной научно-практической конференции. Рязань, РГАТУ, 2019. С. 8-12.

7. Моделирование теплового процесса нанесения покрытий Горохова М.Н., Юдаев Ю.А., Санникова М.Л., Горохов А.А. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 90. С. 397-407.

8. Arefjev A.S., Antoshkin V.A., Yudaev Yu.A. В

сборнике: International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, ISDEIV. 19th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum (ISDEIV). Xian, China, 2000. С. 37-38.

9. Компьютерная программа проверки знаний для повышения эффективности подготовки кадров аграрно-промышленного комплекса Юдаев Ю.А., Официн С.И. В сборнике: Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона. Рязань, РГАТУ, 2016. С. 293-296.

10. Электронная обучающая среда для подготовки специалистов в АПК Юдаев Ю.А., Юдаева Л.Н. В сборнике: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2017. С. 335-339.

11. Методика интерактивного обмена информацией Юдаев Ю.А., Официн С.И., Юдаева Л.Н. В сборнике: Информационно-коммуникационные технологии преподавателя физики и преподавателя технологии. сборник материалов десятой Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 42-45.

12. Компьютерная система для комплексной проверки знаний // Поликарпова Ю.Д., Юдаев Ю.А., Федяшов Д.А. В сборнике: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений. Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. Рязань, РГАТУ, 2020. С. 191-194.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Metod umen'sheniya energozatrat v agropromyshlennom komplekse // Yudayev Yu.A., Byshov, D.N. V sbornike: prioritetnyye napravleniya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii. Materialy Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2019. S. 503-507.

2. Griffith A. A. The phenomena of rupture and flow in solids // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A. 1921, Vol. 221, # 2, P. 163- 198. / V knige: Pestrikov V. M., Morozov Ye. M. Mekhanika razrusheniya. Kurs lektsiy. - SPb.: Professiya, 2012, Prilozheniye 1, s. 435–461

3. Modernizirovanny botvodrobitel' BD-4M Uglanov M.B., Ivankina O.P., Abramov Yu.N., Voronkin N.M. V sbornike: Aktual'nyye problemy i ikh innovatsionnyye resheniya v APK. Sbornik nauchnykh trudov. Posvyashchayetsya 60-letiyu inzhenernogo fakul'teta. Ryazan', RGATU, 2011. S. 101-103.

4. Laboratorno-polevyye issledovaniya modernizirovannoy botvoborochnoy mashiny BD-4M Uglanov M.B., Ivankina O.P., Popov A.S., Byshov D.N., Abramov Yu.N. Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 78. S. 403-412.

5. Validating the parameters of the rotary device for potato haulm removal Byshov N.V., Borychev S.N., Abramov Yu.N., Uglanov M.B., Kostenko M.Yu., Rembalovich G.K. Bioscience Biotechnology Research Communications. 2019. T. 12. № S5. S. 312-322.

6. Modelirovaniye raboty rotora botvodrobitel'noy mashiny s sharnirnymi nozhami Abramov Yu.N., Byshov N.V., Uglanov M.B., Yudayev Yu.A. V sbornike: Tendentsii inzhenerno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa. Materialy Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ryazan', RGATU, 2019. S. 8-12.

7. Modelirovaniye teplovogo protsessa naneseniya pokrytiy Gorokhova M.N., Yudayev Yu.A., Sannikova M.L., Gorokhov A.A. Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 90. S. 397-407.

8. Arefjev A.S., Antoshkin V.A., Yudaev Yu.A. V sbornike: International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, ISDEIV. 19th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation



in Vacuum (ISDEIV). Xian, China, 2000. S. 37-38.

9. Komp'yuternaya programma proverki znaniy dlya povysheniya effektivnosti podgotovki kadrov agrarno-promyshlennogo kompleksa Yudayev Yu.A., Ofitsin S.I. V sbornike: Innovatsionnyye podkhody k razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa regiona. Ryazan', RGATU, 2016. S. 293-296.

10. Elektronnaya obuchayushchaya sreda dlya podgotovki spetsialistov v APK Yudayev Yu.A., Yudayeva L.N. V sbornike: Sovershenstvovaniye sistemy podgotovki i dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya kadrov dlya agropromyshlennogo kompleksa. Materialy Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2017. S. 335-339.

11. Metodika interaktivnogo obmena informatsiyey Yudayev Yu.A., Ofitsin S.I., Yudayeva L.N. V sbornike: Informatsionno-kommunikatsionnyye tekhnologii prepodavatelya fiziki i prepodavatelya tekhnologii. sbornik materialov desyatoy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2017. S. 42-45.

12. Komp'yuternaya sistema dlya kompleksnoy proverki znaniy // Polikarpova Yu.D., Yudayev Yu.A., Fedyashov D.A. V sbornike: Nauchno-prakticheskiye aspekty innovatsionnogo razvitiya transportnykh sistem i inzhenernykh sooruzheniy. Materialy Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ryazan', RGATU, 2020. S. 191-194.

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

Абрамов Юрий Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Российская Федерация, urjabramov78@gmail.ru.

Костенко Михаил Юрьевич д-р техн. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, РФ, kostenko.mihail2016@yandex.ru

Угланов Михаил Борисович, д-р техн. наук, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, РФ, university@rgatu.ru.

Юдаев Юрий Алексеевич, д-р техн. наук, профессор кафедры электроснабжения, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, РФ, yu.yudaev@mail.ru.

Author Information

Abramov Yury N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Machine and Tractor Fleet Operation, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation, urjabramov78@gmail.ru.

Kostenko Mikhail Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation, kostenko.mihail2016@yandex.ru

Uglanov Mikhail B., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Machine and Tractor Fleet Operations, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation, university@rgatu.ru.

Yudaev Yury A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Power Supply, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation, yu.yudaev@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 14.11.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 14.11.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.363:636.086.5
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.16.016

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СУШИЛКИ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА

Сергей Владимирович Вендин¹, Юрий Васильевич Саенко²✉, Ровшан Захид Оглы Байрамов³

^{1, 2, 3} Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, п. Майский, Россия

¹elapk@mail.ru
²yuriy311300@mail.ru
³at-bel@bk.ru

Аннотация.

Проблема и цель. При безвыгульном способе содержания животных или птицы рационы их кормления необходимо обеспечить натуральными витаминами. Одним из простых и дешевых способов повышения витаминной ценности кормов является введение в него пророщенного зерна ячменя. Широкое применение пророщенного зерна сдерживается небольшим сроком его хранения, который обусловлен высокой влажностью 65-67 %. Чтобы сырое пророщенное зерно не испортилось, его необходимо выдать в кормушку животным или птице в течение двух часов. На свиноводческих и птицеводческих комплексах применяют преимущественно сухое кормление, поэтому влажное пророщенное зерно в корме может привести к преждевременному прокисанию комбикорма. Для продления срока хранения пророщенного зерна его необходимо сушить. Особенностью пророщенного зерна является то, что это не однородный продукт. Пророщенное зерно состоит из зеленого ростка и самой зерновки, которые различаются по геометрическим свойствам, теплопроводности и после сушки конвективным способом не обеспечивают одинаковую конечную влажность. Целью исследований являлось определение влияния облучения и конвективного способа сушки на скорость и энергоемкость сушки пророщенного зерна. Сушилка, обеспечивает подведение тепловой энергии облучением и конвективным способом на объект обработки с учетом необходимой температуры, скорости движения сушильного агента, времени облучения.

Методология. Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях в бункер сушилки подают пророщенное зерно влажностью 65-67 %, затем подают его на ленту транспортера, раскладывают заданным слоем и осуществляют сушку излучением и конвективным способом.

Результаты. В работе приведены результаты экспериментальных исследований по определению влияния факторов на энергоемкость и скорость сушки пророщенного зерна ячменя. В качестве воздействующих факторов рассмотрены температура и скорость движения сушильного агента.

Заключение. Рассмотрены результаты исследований по определению энергоемкости и скорости сушки пророщенного зерна ячменя с начальной влажности 65-67 % до конечной влажности 14-15 %. Подведение тепловой энергии осуществлялось путем излучения и конвективным способом.

Ключевые слова: пророщенное зерно, излучение, теплоноситель, конвективная сушка

Для цитирования: Вендин С.В., Саенко Ю.В., Байрамов Р.З. Результаты экспериментальных исследований сушилки пророщенного зерна // Вестник Рязанского государственного аграрного университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С.114-122 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.16.016](https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.16.016)

TECHNICAL SCIENCES

Original article

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE SPROUTED GRAIN DRYER

Sergey V. Vendin¹, Yuri V. Saenko², Rovshan Zahid Ogly Bajramov³

^{1, 2, 3} Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, p. Maysky, Russia

¹elapk@mail.ru
²yuriy311300@mail.ru
³at-bel@bk.ru

**Abstract.**

Problem and purpose. In case of a non-gambling method of keeping animals or poultry, their feeding rations must be provided with natural vitamins. One of the easiest and cheapest ways to increase the vitamin value of feed is the introduction of sprouted barley grain into it. The widespread use of sprouted grain constrains its short shelf life, which is due to the high humidity of 65-67 %. In order for the raw sprouted grain not to spoil, it must be given to animals or poultry in a feeder for two hours. Dry feeding is mainly used in pig and poultry breeding complexes, therefore wet sprouted grain in the feed can lead to premature souring of the compound feed. To extend the shelf life of sprouted grain, it must be dried. The peculiarity of sprouted grain is that it is not a homogeneous product. The sprouted grain consists of a green sprout and the grain itself, which differ in geometric properties, thermal conductivity and, after drying, convective. The aim of the research was to determine the effect of irradiation and convective drying method on the speed and energy intensity of drying sprouted grain. The dryer provides the supply of thermal energy by irradiation and convective method to the processing object, taking into account the required temperature of the irradiation time.

Methodology. To achieve this goal, in laboratory conditions, sprouted grain with a humidity of 65-67% is fed into the dryer hopper, then it is fed to the conveyor belt, laid out in a predetermined layer and dried by radiation and convective method.

Results. The paper presents the results of experimental studies to determine the influence of factors on the energy intensity and drying speed of sprouted barley grain. The temperature and speed of movement of the drying agent are considered as influencing factors.

Conclusion. The results of studies to determine the energy intensity and drying rate of sprouted barley grain from an initial humidity of 65-67 % to a final humidity of 14-15 % are considered. Thermal energy was supplied by radiation and convective method.

Key words: sprouted grain, radiation, coolant, convective drying

For citation: Vendin S.V., Saenko Yu.V., Bayramov R.Z. Results of experimental studies of the sprouted Grain Dryer// Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. T14, No.4. P.114-122 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.16.016](https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.16.016)

Введение

В процессе эволюции организмы животных и птицы приспособились к поеданию зеленых кормов. При содержании свиней и птицы выгульным способом, как правило, в их рацион кормления входит некоторое разнообразие кормов, в том числе зеленые корма. Для получения наибольшего выхода продукции свиноводства и птицеводства поголовье содержат безвыгульно и скармливают им только комбикорма, поэтому зеленые корма им становятся недоступны.

Для пополнения естественных витаминов в рационах кормления животных и птицы необходимо добавлять пророщенное зерно [1, 2]. Пророщенное зерно обладает сладковатым вкусом, поэтому, если его выдавать отдельно от комбикорма, более сильные животные его съедят. Чтобы слабые животные не оставались без установленной порции пророщенного зерна, необходимо выдавать его в смеси с комбикормом. На современных свиноводческих и птицеводческих комплексах выдают сухие комбикорма, поэтому для повышения длительности хранения пророщенного зерна, а также чтобы не вносить изменения в технологию раздачи комбикорма, пророщенное зерно необходимо сушить до конечной влажности 14 % [3, 4].

Ниже приведены результаты экспериментальных исследований по сушке пророщенного зерна. Отметим, что технология сушки пророщенного зерна состоит из следующих составляющих: подведение тепловой энергии для прогрева продукта, в результате чего влага с внутренних слоев поднимается на поверхность, и удаление влаги с поверхности пророщенного зерна. Особенность сушки пророщенного зерна состоит в том, что оно является неоднородным по своей структуре, а

именно, состоит из зерновки и ростка [4, 5]. Зерновка и росток отличаются по структуре, геометрическим размерам и теплопроводности.

Материалы и методы исследования

Целью настоящих исследований является определение влияния температуры греющей среды и скорости ее движения на процесс сушки пророщенного зерна.

Для проведения исследований была разработана конструкция сушилки, в которой в качестве источника теплоты возможно применение инфракрасных ламп и тепловых приборов (ламп накаливания и ТЭНов) [6]. При этом реализуется комбинированный способ сушки продукта на основе инфракрасного и конвективного теплообмена. Конструкция сушилки представлена на рисунках 1 и 2. Схема управления электрооборудованием сушилки представлена на рисунке 3.

Работа сушилки заключается в том, что на сушилку подают электропитание, включают лампы накаливания и ТЭНы и осуществляют прогрев сушильной камеры до рабочей температуры 47-55°С в течение 20-30 мин. Затем пророщенное зерно влажностью 65-67 % помещают в бункер, в котором производят его накопление. После чего при помощи дозирующей заслонки пророщенное зерно направляют на ленточный транспортер. В процессе выгрузки пророщенного зерна лента транспортера движется и за счет разравнивателя зерно раскладывают заданным слоем. Нагрев массы пророщенного зерна происходит за счет теплового излучения и конвекции, а удаление влаги с поверхности пророщенного зерна осуществляют конвективным способом. Нагрев продукта обеспечивают двумя лампами накаливания. После сушки продукт находится в нагретом состоянии. Поэто-

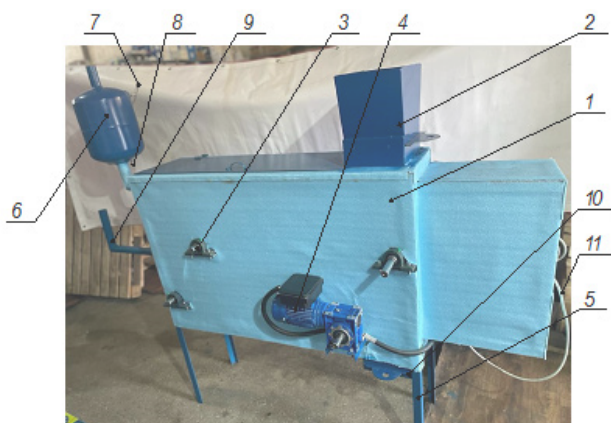


му включают привод транспортера и перегружают пророщенное зерно с верхнего транспортера сушилки на нижний транспортер. При этом происходит переворот слоя продукта (низ-верх), после чего осуществляют охлаждение высушенного пророщенного зерна [7-9].

Особенностью конструкции является также возможность вторичного использования теплоты

отработанных газов. При выходе из сушилки отработанные газы нагревают воду, которая движется по змеевику, расположенному внутри теплообменника. Нагретую воду можно использовать для хозяйственных нужд.

На рисунке 2 представлена предложенная сушилка с пророщенным зерном.



1 – щиты; 2 – бункер; 3 – вал опорный; 4 – электропривод;
5 – опора; 6 – теплообменник;
7 – труба для забора теплой воды; 8 – труба для подведения холодной воды;
9 – труба вытяжная холодного воздуха; 10 – заслонка окна выгрузного; 11 – кабель силовой

Рис. 1 – Сушилка пророщенного зерна

(1 - shields; 2 - bunker; 3 - support shaft; 4 - electric drive;
5 - support; 6 - heat exchanger;
7 - a pipe for taking warm water; 8 - pipe for supplying cold water; 9 - cold air exhaust pipe; 10 - shutter of the unloading window; 11 - power cable
Fig.-1 Sprouted grain dryer)

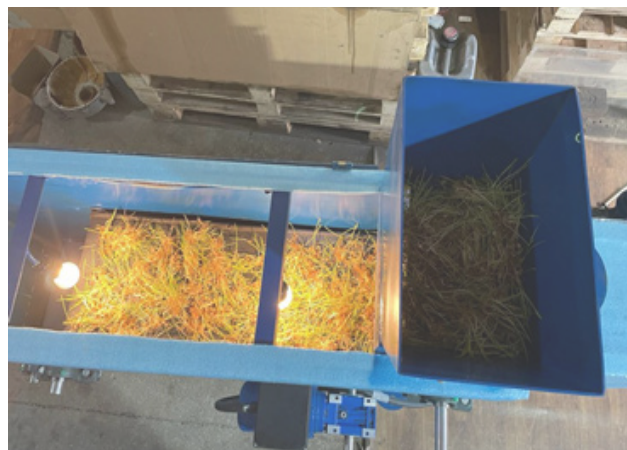
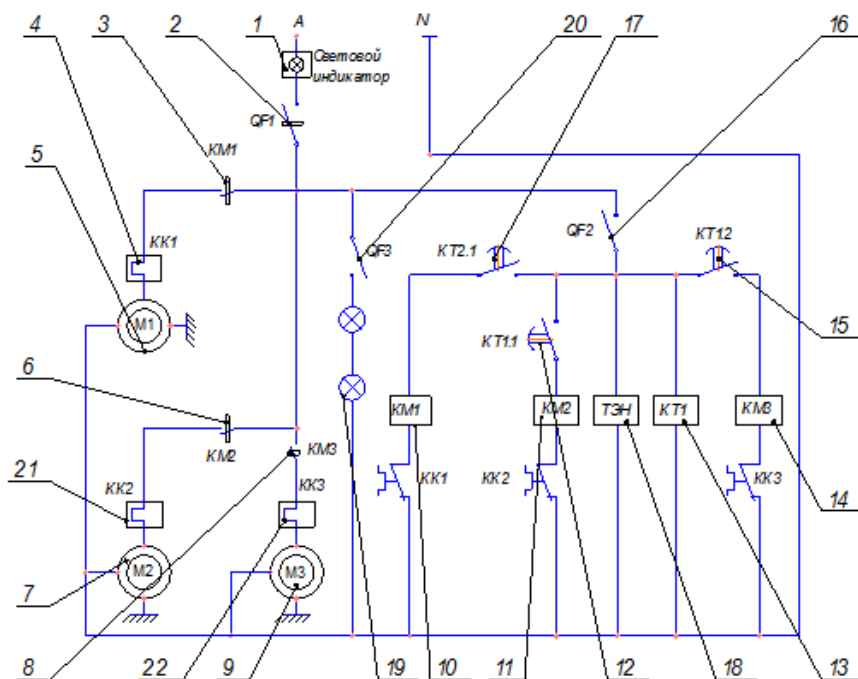


Рис. 2 – Сушилка с пророщенным зерном
(Fig.-2 Dryer with sprouted grain)

Схема управления предложенной сушилкой пророщенного зерна представлена на рис. 3.



1 – Световой индикатор; 2, 16, 20 – пакетный выключатель;
3, 6, 8 – контактор;
4, 21, 22 – тепловое реле; 5 – вентилятор подогретого воздуха, 7 – вентилятор холодного воздуха, 9 – мотор-редуктор;
10, 11, 14 – катушка;
12, 15, 17 – контакты;
13 – реле времени;
18 – трубчатый электронагреватель (ТЭН)

Рис. 3 – Схема управления сушилкой пророщенного зерна

(1 - Light indicator;
2, 16, 20 - package switch;
3, 6, 8 - contactor; 4, 21, 22 - thermal relay; 5 - fan of heated air, 7 - fan of cold air, 9 - motor-reducer; 10, 11, 14 - coil; 12, 15, 17 - contacts; 13 - time relay; 18 - tubular electric heater (TEN)
Fig.-3 Control scheme of the sprouted grain dryer)



Показателями для оценки эффективности конструкции сушиллки могут служить скорость и энергоёмкость процесса сушки [10-13].

Скорость сушки $v_{суш}$ пророщенного зерна определяется выражением:

$$v_{суш} = \frac{m_1 - m_2}{t_{суш}}, \quad (1)$$

где m_1 – масса пророщенного зерна до поступления в сушильную установку, кг;

m_2 – масса пророщенного зерна после сушки, кг;

$t_{суш}$ – длительность процесса сушки пророщенного зерна от исходной до конечной влажности, сек.

Энергоёмкость сушки рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_H = \frac{N_{суш}}{Q}, \quad (2)$$

Таблица 1 – Факторы, влияющие на скорость и энергоёмкость сушки пророщенного зерна

Обозначение	Наименование фактора	Уровни варьирования факторов			Интервал варьирования фактора
		-1	0	+1	
X_1	Средняя скорость движения сушильного агента, v_B м/с;	2,2	3,2	4,2	1
X_2	Средняя температура сушильного агента, T° С;	40	50	60	10

На основе полученных экспериментальных данных были рассчитаны уравнения регрессии зависимости энергоёмкости и скорости сушки от воздействующих факторов.

Уравнение регрессии зависимости энергоёмкости сушки в натуральных значениях факторов имеет вид:

$$\mathcal{E}_{суш} = 894,356 + 16,583 v_B + 1,867 N - 0,833 v_B^2 - 0,375 v_B N - 0,0333 N^2, \quad (3)$$

Коэффициент корреляции для представленного уравнения регрессии равен $R = 94,84 \%$.

Адекватность полученной математической модели проверялась по критерию Фишера. Полученные расчеты показали результат $F_p = 11,027 > F_{табл} = 4,07$. Сравнение расчетного и табличного критериев Фишера позволяет сделать вывод, что представленная модель адекватна, коэффициенты уравнения регрессии значимы и проведённые исследования достоверны [15-18].

Расчетная поверхность зависимости энергоёмкости сушки от воздействующих факторов показана на рисунке 4.

Проведенная оптимизация режимных параметров комбинированной конвейерной сушиллки пророщенного зерна на основе анализа уравнения регрессии (3) показала, что энергоёмкость сушки пророщенного зерна составляет 840-850 кВт ч/т и может быть получена при: v_B – средней скорости движения воздуха теплоносителя 3,8-4 м/с; N – средней температуре воздуха на входе 58-60° С. Длительность процесса сушки составила 120 мин.

где $N_{суш}$ – общая мощность, затраченная на сушку пророщенного зерна, кВт;

Q – пропускная способность сушиллки пророщенного зерна, т/ч.

С учетом особенностей конструкции сушиллки в качестве независимых факторов [14, 15], которые оказывают наибольшее влияние на скорость и энергоёмкость сушки пророщенного зерна, были определены: средняя температура сушильного агента, T° С; средняя скорость движения сушильного агента, v_B м/с. Нагрев продукта осуществляли с применением тепловых приборов (ламп накаливания и ТЭНов).

При проведении исследований для обеспечения прогрева пророщенного зерна использовали лампы накаливания мощностью 40, 75 и 95 Вт.

Исследования проводились с учетом ортогональной матрицы планирования эксперимента. Уровни и интервал варьирования факторов приведены в таблице 1.

Уравнение регрессии зависимости скорости сушки в натуральных значениях факторов имеет вид:

$$V_{суш} = -0,158 - 0,315 v_B + 0,048 N + 0,02 v_B^2 + 0,005 v_B N - 0,0005 N^2, \quad (4)$$

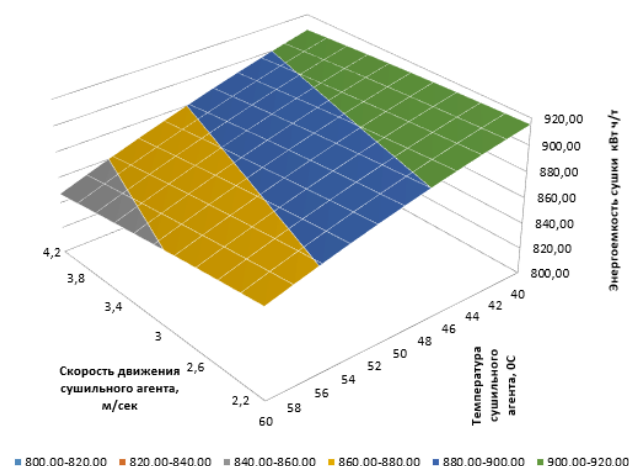


Рис. 4 – Поверхность отклика энергоёмкости сушки от температуры сушильного агента и скорости его движения

(Fig.—4 The surface of the response of the drying energy intensity from the temperature of the drying agent and the speed of movement of the drying agent)



Коэффициент корреляции для представленного уравнения регрессии равен $R = 96,72\%$.

Адекватность полученной математической модели проверялась по критерию Фишера. Полученные расчеты показали результат $F_p = 17,715 > F_{табл} = 4,07$. Сравнение расчетного и табличного значений критерия Фишера позволяет сделать вывод, что представленная модель адекватна, коэффициенты уравнения регрессии значимы и проведенные исследования достоверны.

Расчетная поверхность зависимости скорости сушки от воздействующих факторов показана на рисунке 5.

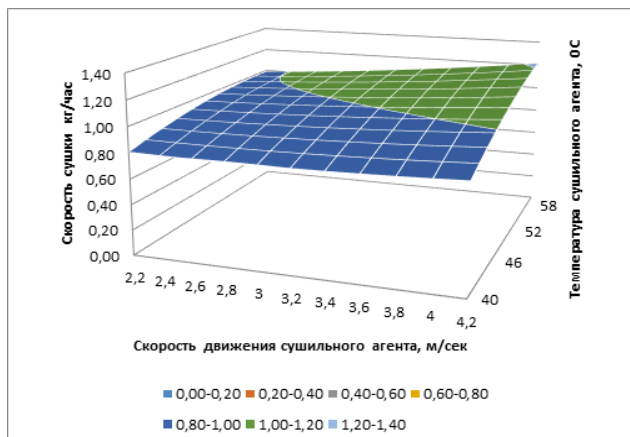


Рис. 5 – Поверхность отклика скорости сушки от температуры и скорости движения сушильного агента

(Fig.–5 The surface of the response of the drying speed from the temperature and the speed of movement of the drying agent)

Проведенная оптимизация режимных параметров комбинированной конвейерной сушилки пророщенного зерна на основе анализа уравнения регрессии (4) показала, что скорость сушки пророщенного зерна составляет $1,05 \text{ кг ч/м}^2$ и может быть получена при: v_B – средней скорости движения сушильного агента $3,8\text{--}4,2 \text{ м/с}$; N – средней температуре сушильного агента на входе в сушильную камеру, $56\text{--}58^\circ \text{C}$.

По результатам проведенных экспериментов

определили, что скорость сушки пророщенного зерна составила $0,00019\text{--}0,00023 \text{ кг/сек}$, энергоемкость процесса сушки пророщенного зерна от начальной влажности $65\text{--}67\%$ до конечной влажности $14\text{--}15\%$ составила $840\text{--}850 \text{ кВт ч/т}$. Производительность экспериментальной сушилки по высушенному материалу составила $0,8\text{--}0,84 \text{ кг/ч}$. Отработанный сушильный агент позволил нагреть стальной змеевик массой $3,2 \text{ кг}$ и воду в нем массой $2,2 \text{ кг}$ с 20 до $28,3^\circ \text{C}$. В результате проведенных расчетов определили, что для нагрева воды и змеевика затрачено 89972 Дж энергии, находящейся в отработанном сушильном агенте [19–20].

Критерий эффективности влагосъема при сушке пророщенного зерна

Эффективность процесса сушки была оценена с применением критерия эффективности влагосъема [12], суть которого состоит в выявлении связи между начальной и конечной влажностью пророщенного зерна.

$$K_W = \frac{w_0^c - w^c}{w_0^c - w_{ОПТ}^c}, \quad (5)$$

где w_0^c – исходная влажность пророщенного зерна, %;

w^c – текущая влажность пророщенного зерна, %;

$w_{ОПТ}^c$ – конечное «оптимальное» значение влажности просушенного высушенного зерна;

Для получения расчетных экспериментальных данных нагрев пророщенного зерна в сушильной камере производили с помощью приборов для обогрева: в первом случае с помощью ламп накаливания и ТЭНа; во втором случае – с применением только ТЭНа.

В таблице 2 приведены значения начальной влажности пророщенного зерна в сушилке при сушке комбинированным способом ТЭНом и лампами накаливания различной мощности, а также при сушке пророщенного зерна с использованием только ТЭНа. Измерения температуры производили с периодичностью 20 мин в течение трех часов. При выполнении экспериментов в сушилке были установлены лампы накаливания мощностью $40, 75, 95 \text{ Вт}$.

Таблица 2 – Влажность пророщенного зерна

Время сушки, мин	Влажность пророщенного зерна при сушке различными способами			
	Мощность лампы накаливания 40 Вт +ТЭН	Мощность лампы накаливания 75 Вт +ТЭН	Мощность лампы накаливания 95 Вт +ТЭН	ТЭН
0	67,07	66,2	66,8	67,1
20	60,70	61,1	60,4	62,3
40	52,30	52,2	50,2	55,2
60	44,20	43,9	41,2	47,4
80	36,50	35,3	32,3	39,4
100	29,20	27,7	24,2	33,8
120	22,50	15,9	14,4	28,2



140	18,10		24,3
160	15,20		19,3
180			16,3

На рисунке 6 представлены построенные по экспериментальным данным графики эффективности сушки пророщенного зерна.

Согласно приведенным на рисунке 6 зависимостям можем отметить следующее.

При выполнении сушки пророщенного зерна комбинированным способом, когда нагрев осуществляют ТЭНами и лампами накаливания мощностью 95 Вт, критерий эффективности K_w равен 0,992 через сто двадцать минут после начала сушки. При установке в сушилку лампы накаливания меньшей мощности, а именно 75 и 40 Вт, происхо-

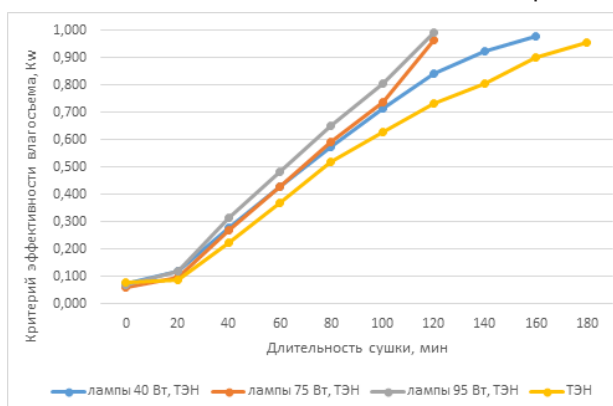


Рис. 6 – Эффективность сушки пророщенного зерна

(Fig.– 6 Drying efficiency of sprouted grain)

По приведенным на графике зависимостям можем отметить, что при подведении тепловой энергии облучением и конвективным способом зерно прогревается быстрее по сравнению только с конвективным способом. За отрезок времени от 20 до 40 мин скорость сушки в первом случае составила 27,88 %/ч, во втором случае составила 22,12 %/ч.

В первом случае (комбинированной сушки) длительность сушки пророщенного зерна составила 120 мин, начальная и конечная влажность составили 66,8 % и 15,1 % соответственно, при этом средняя скорость сушки составила 22,38 %/ч. После отлежки конечная влажность пророщенного зерна составила 14,2-14,5 %. Во втором случае (только конвективным способе) длительность сушки пророщенного зерна составила 140 мин, начальная и конечная влажность составили 66,8 % и 15,2 % соответственно, при этом средняя скорость сушки составила 19,17 %/ч. Температура внутри сушильной камеры и снаружи в первом случае составила 45,1° С и 18,6° С, во втором случае 37,1° С и 18,2° С со-

ответственно, критерий эффективности до значений 0,964 и 0,977 соответственно, а длительность сушки была равна 120 и 160 мин. Если осуществлять сушку, подводя тепловую энергию только конвективным способом, то критерий эффективности составит $K_w = 0,957$, а продолжительность сушки возрастет до 180 мин.

График, учитывающий взаимосвязь продолжительности сушки пророщенного зерна от скорости сушки, приведен на рисунке 7. В данном опыте скорость сушильного агента составляла 4,2 м/с, а мощность ламп накаливания составляла 95 Вт.

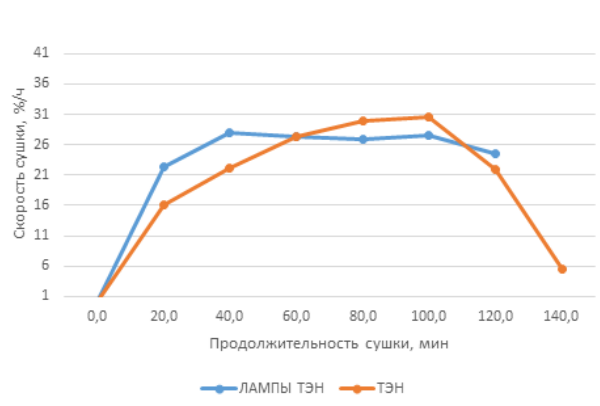


Рис. 7 – Зависимость продолжительности сушки от скорости сушки при скорости движения агента сушки 4,2 м/с, мощности ламп 95 Вт

(Fig.–7 The change in the drying duration from the drying speed at the speed of the drying agent 4.2 m / s, lamp power 95 W)

ответственно. После отлежки конечная влажность пророщенного зерна составила 14,3-14,6 %.

Закключение

По результатам выполненной работы можно отметить, что для сушки пророщенного зерна наиболее целесообразно применять комбинированный способ подвода тепловой энергии: излучением и конвективным способом. Это позволит получать практически одинаковую конечную влажность 14-15 % без пересыхания ростков, повысить скорость прогрева зерновки и снизить время сушки со 180 мин при сушке конвективным способом до 120 мин при сушке комбинированным способом.

При сушке пророщенного зерна комбинированным способом критерий эффективности K_w составил 0,992 через сто двадцать минут после начала сушки, при использовании двух ламп накаливания мощностью 95 Вт.

В результате проведенной оптимизации режимных параметров комбинированной конвейерной сушилки пророщенного зерна установили, что энергоемкость процесса сушки пророщенного



зерна с начальной влажности 65-67 % до конечной влажности 14-15 % составила 840-85° кВт ч/т.

Было установлено, что скорость сушки пророщенного зерна составляет 1,05 кг ч/ м² и может быть получена при: v_b – средней скорости движения сушильного агента 3,8-4,2 м/с; N – средней температуре сушильного агента на входе в сушильную камеру, 56-58° С.

Производительность сушилки по высушенному материалу составила 0,8-0,84 кг/ч. Оработанный сушильный агент позволил нагреть стальной змеевик массой 3,2 кг и воду в нем массой 2,2 кг с 20 до 28,3° С.

Список источников

1. Походня Г.С. Свиноводство и технология производства свинины: Сборник научных трудов научной школы профессора Г.С. Походни (Специальный выпуск №2: Использование пророщенного зерна в рационах свиней) / Г.С. Походня. – Белгород. – 2009. – 68 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23725858>
2. Бахарев Г.Ф. Исследование процесса точного 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. Вендин С.В. К расчету параметров сушилки пророщенного зерна / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, А.Ф. Окунев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы: Майский, 2020. - №3. - С. 9-16. URL: <https://bsaa.edu.ru/science/3%20vipysk.pdf>
4. Саенко Ю.В. Определение параметров конвейерной сушилки пророщенного зерна [Текст] / С.В. Вендин, С.А. Булавин, Ю.В. Саенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2015. - №1. - С. 8-10. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24841798>
5. Вендин С.В. Конвейерная сушилка пророщенного зерна с применением инфракрасного нагрева / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, А.Ф. Окунев, Р.З. Байрамов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы: Майский, 2022. - №1. - С. 60-70. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48412621>
6. Пат 2757401 С1 F26B 17/04 (2006/01) F26B 20/00 (2006/01) Сушилка пророщенного зерна Вендин С.В., Саенко Ю.В., Макаренко А.Н., Казаков К.В., Путиенко К.Н., Байрамов Р.З. Правообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина Заявка 2021105254 от 01.03.2021 Оpubл. 15.10.2021 Бюл. №29. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
7. Исаев Х.М. Сушилка аэродинамического подогрева / Х.М. Исаев, А.И. Купреенко, И.И. Конавалова // Сельский механизатор, 2016. - №10. — С.5. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27411551>
8. Чагин О.В. Оборудование для сушки пищевых продуктов / О.В. Чагин, Н.Р. Кокина, В.В. Пастин. — Иваново: Ивановский хим.-технол. ун-т, 2007. — 138 с. URL: https://www.studmed.ru/chagin-ov-kokina-nr-pastin-vv-oborudovanie-dlya-sushki-pischevyh-produktov_cf07d4d88b0.html
9. Рудобашта С.П. Теплотехника / С.П. Рудобашта. — М.: КолосС, 2010. — 599 с. URL: file:///C:/Users/Yuriy/Downloads/StanislavPavlovichRudobashta_Teplotehnika_RuLit_Me_425043.pdf
10. Тепляшин В.Н. Технологии и оборудование для сушки растительного сырья / В.Н. Тепляшин, Л.И. Ченцова, В.Н. Невзоров. — Красноярск: Красноярский ГАУ, 2019. — 173 с. URL: <http://www.kgau.ru/new/student/43/content/54.pdf?ysclid=I95bjxead622699713>
11. Бакум А.Е. Сушка зерна / А.Е. Бакум, В.А. Резчиков. — М.: Колос, 1983. — 223 с. URL: https://www.studmed.ru/baum-ae-rezchikov-va-sushka-zerna_8ad867f3412.html
12. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна / Н.И. Малин. — М.: КолосС, 2004. — 240 с. URL: <https://fr-lib.ru/books/nauka-i-ucheba/energoberegaiushchaia-sushka-zerna-download333929>
13. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. — М.: Колос, 1982. — 239 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/reCORD/01001090199?ysclid=I95ceu2rl4150225407>
14. Ерещенко Т.В. Планирование эксперимента / Т.В. Терещенко. — Волгоград Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. — 78 с. URL: https://vgasu.ru/attachments/oj_ereschenko-01.pdf
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
16. Монтгомери Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных / Д.К. Монтгомери. — Л.: Судостроение, 1980. — 384 с. URL: https://fileskachat.com/file/74588_8026fe819709077f64571fb2297ab73e.html
17. Юдин Ю. В. Организация и математическое планирование эксперимента : учебное пособие / Ю. В. Юдин, М. В. Майсурадзе, Ф. В. Водолазский. — Екатеринбург : Уральский университет, 2018. — 124 с. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65224/1/978-5-7996-2486-6_2018.pdf?ysclid=I95h6valw5507859833
18. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок / П.Д. Лебедев. — М.: Госэнергоиздат, 1963. — 320 с. URL: <https://www.student-you.ru/Lebedevs.php?ysclid=I95ea5scc5570228345>
19. Сычевский В.А. Теоретические основы сушки / В.А. Сычевский. — Минск: БНТУ, 2017. — 43 с. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/29565/Teoreticheskie_osnovy_sushki.pdf;jsessionid=A829E2DF21D3A4878BE0105F154E0A26?sequence=6
20. Исаев Х.М. Плодово-ягодная сушилка с комбинированным теплообменником / Х.М. Исаев, А.И. Купреенко, С.Х. Исаев // Вестник Брянской ГСХА, 2020. - №1. — С.16-17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42867750>

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: Sbornik nauchnykh trudov nauchnoy shkoly professora G.S. Pohodni (Special'nyy vypusk №2: Ispol'zovanie prorashchennogo zerna v racionah sviney) / G.S. Pohodnya. – Belgorod. – 2009. – 68 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23725858>
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. Vendin S.V. K raschetu parametrov sushilki prorashchennogo zerna / S.V. Vendin, YU.V. Saenko, A.F. Okunev // Innovacii v APK: problemy i perspektivy: Majskij, 2020. - №3. - S. 9-16. URL: <https://bsaa.edu.ru/science/3%20vipysk.pdf>
4. Saenko YU.V. Opredelenie parametrov konvejernoj sushilki prorashchennogo zerna [Tekst] / S.V. Vendin, S.A. Bulavin, YU.V. Saenko // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. - 2015. - №1. - S. 8-10. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24841798>
5. Vendin S.V. Konvejernaya sushilka prorashchennogo zerna s primeneniem infrakrasnogo nagreva / S.V. Vendin, YU.V. Saenko, A.F. Okunev, R.Z. Bajramov // Innovacii v APK: problemy i perspektivy: Majskij, 2022. - №1. - S. 60-70. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48412621>
6. Pat 2757401 S1 F26B 17/04 (2006/01) F26B 20/00 (2006/01) Sushilka prorashchennogo zerna Vendin S.V., Saenko YU.V., Makarenko A.N., Kazakov K.V., Putienko K.N., Bajramov R.Z. Pravoobladatel' FGBOU VO Belgorodskij GAU im. V.YA. Gorina Zayavka 2021105254 ot 01.03.2021 Opubl. 15.10.2021 Byul. №29. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
7. Isaev H.M. Sushilka aerodinamicheskogo podogreva / H.M. Isaev, A.I. Kupreenko, I.I. Konovalova // Sel'skij mekhanizator, 2016. - №10. — S.5. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27411551>
8. CHagin O.V. Oborudovanie dlya sushki pishchevykh produktov / O.V. CHagin, N.R. Kokina, V.V. Pastin. – Ivanovo: Ivanovskij hi.-tekhnol. un-t, 2007. — 138 s. URL: https://www.studmed.ru/chagin-ov-kokina-nr-pastin-vv-oborudovanie-dlya-sushki-pischevykh-produktov_cf07d4d88b0.html
9. Rudobashta S.P. Teplotekhnika / S.P. Rudobashta. — M.: KolosS, 2010. — 599 s. URL: file:///C:/Users/Yuriy/Downloads/StislavPavlovichRudobashta_Teplotekhnika_RuLit_Me_425043.pdf
10. Teplyashin V.N. Tekhnologii i oborudovanie dlya sushki rastitel'nogo syr'ya / V.N. Teplyashin, L.I. CHencova, V.N. Nevzorov. — Krasnoyarsk.: Krasnoyarskij GAU, 2019. — 173 s. URL: <http://www.kgau.ru/new/student/43/content/54.pdf?ysclid=I95bjxeada622699713>
11. Bakum A.E. Sushka zerna / A.E. Bakum, V.A. Rezhnikov. — M.: Kolos, 1983. — 223 s. URL: https://www.studmed.ru/baum-ae-rezhnikov-va-sushka-zerna_8ad867f3412.html
12. Malin N.I. Energoberegayushchaya sushka zerna / N.I. Malin. — M.: KolosS, 2004. — 240 s. URL: <https://fr-lib.ru/books/nauka-i-ucheba/energoberegayushchaya-sushka-zerna-download333929>
13. ZHidko V.I. Zernosushenie i zernosushilki / V.I. ZHidko, V.A. Rezhnikov, V.S. Ukolov. — M.: Kolos, 1982. — 239 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001090199?ysclid=I95ceu2rl4150225407>
14. Ershchenko T.V. Planirovanie eksperimenta / T.V. Tereshchenko. — Volgograd Volgogradskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet, 2014. — 78 s. URL: https://vgasu.ru/attachments/oj_ereschenko-01.pdf
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
16. Montgomeri D.K. Planirovanie eksperimenta i analiz dannyh / D.K. Montgomeri. — L.: Sudostroenie, 1980. — 384 s. URL: https://fileskachat.com/file/74588_8026fe819709077f64571fb2297ab73e.html
17. YUdin YU. V. Organizatsiya i matematicheskoe planirovanie eksperimenta : uchebnoe posobie / YU. V. YUdin, M. V. Majsuradze, F. V. Vodolazskij. — Ekaterinburg : Ural'skij universitet, 2018. — 124 s. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65224/1/978-5-7996-2486-6_2018.pdf?ysclid=I95h6valw5507859833
18. Lebedev P.D. Raschet i proektirovanie sushil'nykh ustanovok / P.D. Lebedev. — M.: Gosenergoizdat, 1963. — 320 s. URL: <https://www.student-you.ru/Lebedevs.php?ysclid=I95ea5scc5570228345>
19. Sychevskij V.A. Teoreticheskie osnovy sushki / V.A. Sychevskij. — Minsk: BNTU, 2017. — 43 s. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/29565/Teoreticheskie_osnovy_sushki.pdf?jsessionid=A829E2DF21D3A4878BE0105F154E0A26?sequence=6
20. Isaev H.M. Plodovo-yagodnaya sushilka s kombinirovannym teploobmennikom / H.M. Isaev, A.I. Kupreenko, S.H. Isaev // Vestnik Bryanskoy GSKHA, 2020. - №1. — S.16-17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42867750>

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 техн. наук, профессор зав. кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, elapk@mail.ru

Саенко Юрий Васильевич, д-р техн. наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, yuriy311300@mail.ru

Байрамов Ровшан Захид оглы, аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, at-bel@bk.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

Bayramov Rovshan Z. Postgraduate student of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness of the Faculty of Engineering Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, at-bel@bk.ru

Статья поступила в редакцию 30.11.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 30.11.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА ДЛЯ ИК-НАГРЕВА

Сергей Владимирович Вендин¹, Юрий Васильевич Саенко²✉, Юрий Николаевич Ульяновцев³,
Ровшан Захид Оглы Байрамов⁴

^{1, 2, 3, 4} Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, п. Майский, Россия

¹elapk@mail.ru

²yuriy311300@mail.ru

³uljancev_jn@bsaa.edu.ru

⁴at-bel@bk.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Климат значительной части Российской Федерации достаточно суровый; чтобы получать выход животноводческой и птицеводческой продукции равномерно круглый год, необходимо создать оптимальные условия содержания. Промышленное животноводство и птицеводство ведут в помещениях. Для кормления в таких условиях применяют только сухие комбикорма. В естественных условиях обитания животные и птица потребляют зеленые корма, в которых содержатся натуральные витамины, недоступные при промышленном содержании. Чтобы животные и птица получали зеленые корма, богатые витаминами, можно ввести в рацион кормления пророщенное зерно ячменя или пшеницы. Необходимо отметить, что пророщенное зерно имеет высокую влажность – 55-57 %. Из-за высокой влажности длительно храниться пророщенное зерно не может. Чтобы использовать установленные технологические линии сухого кормления, пророщенное зерно необходимо высушить, а затем добавлять в комбикорм.. Пророщенное зерно имеет сложную структуру и состоит из зеленого ростка и самой зерновки, которые различаются по геометрическим свойствам, теплофизическим характеристикам. Использование только конвективного способа для сушки зерна не обеспечивает одинаковую конечную влажность. Поэтому необходимо использовать комбинированный способ сушки с подводом теплоты конвективным способом и подводом теплоты тепловым излучением (инфракрасным нагревом). Целью исследований являлось экспериментальное определение коэффициентов теплового излучения непророщенного и пророщенного зерна ячменя и пшеницы, а также оценка величины теплового потока, воспринимаемого нагреваемым продуктом от темных источников теплового (инфракрасного) излучения.

Методология. Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях был использован стенд, на котором осуществляли прогрев зерна ячменя и пшеницы до заданных температур, а затем измеряли температуру и вычисляли степень черноты тела и рассчитывали тепловой поток, который тело получало в инфракрасном диапазоне.

Результаты. В работе приведены результаты экспериментальных исследований по определению степени черноты поверхности пророщенного зерна пшеницы и ячменя и обычного зерна пшеницы и ячменя, а также результаты расчетов теплового потока, получаемого пророщенным зерном пшеницы и ячменя, обычным зерном пшеницы и ячменя при разных температурах теплового (инфракрасного) излучателя.

Заключение. Определена степень черноты поверхности пророщенного зерна пшеницы и ячменя и обычного зерна пшеницы и ячменя, а также проведены расчеты теплового потока, получаемого пророщенным зерном пшеницы и ячменя, обычным зерном пшеницы и ячменя при разных температурах теплового (инфракрасного) излучателя.

Ключевые слова: пророщенное зерно, излучение, степень черноты тела, тепловой поток

Для цитирования: Вендин С.В., Саенко Ю.В., Ульяновцев Ю.Н., Байрамов Р.З. Результаты экспериментальных исследований по определению коэффициентов теплового излучения пророщенного зерна для ик-нагрева // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С.123-132 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.72.54.017>

**RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS ON THE DETERMINATION OF THE THERMAL EMISSION COEFFICIENTS OF GROUPED GRAIN FOR IR HEATING****Sergey V. Vendin¹, Yuri V. Sayenko²✉, Yuri N. Ulyantsev³, Rovshan Zahid Ogly Bajramov⁴**^{1, 2, 3, 4} Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, n. Maysky, Russia¹elapk@mail.ru²yuriy311300@mail.ru³uljancev_jn@bsaa.edu.ru⁴at-bel@bk.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The climate of a significant part of the Russian Federation is quite severe in order to obtain the output of livestock and poultry products evenly all year round, it is necessary to create optimal conditions for keeping. Industrial animal husbandry and poultry farming are conducted indoors. For feeding in such conditions, only dry compound feed is used. In their natural habitat, animals and birds consume green food, which contains natural vitamins, which are not available for commercial use. In order for animals and birds to receive green food rich in vitamins, germinated grain of barley or wheat can be introduced into the diet. It should be noted that the germinated grain has a high moisture content of 55-57%. Due to high humidity, germinated grain cannot be stored for a long time. To use the established technological lines of dry feeding, the germinated grain must be dried, and then dry germinated grain must be added to the compound feed. Sprouted grain is a complex structure and consists of a green sprout and the grain itself, which differ in geometric properties, thermophysical characteristics. Using only the convective method to dry it does not provide the same final moisture content. Therefore, it is necessary to use a combined drying method with heat input by convective method and heat input by thermal radiation (infrared heating). The aim of the research was to experimentally determine the coefficients of thermal radiation of unsprouted and germinated grains of barley and wheat, as well as to estimate the magnitude of the heat flux perceived by the heated product from dark sources of thermal (infrared) radiation.

Methodology. To achieve this goal in the laboratory, a stand was used, on which barley and wheat grains were heated to the specified temperatures, and then the temperature was measured and the degree of emissivity of the body was calculated and the heat flux that the body received in the infrared range was calculated.

Results. The paper presents the results of experimental studies to determine the emissivity of the surface of germinated grains of wheat and barley and ordinary grains of wheat and barley, as well as the results of calculations of the heat flux obtained by germinated grains of wheat, barley, ordinary wheat and barley grains at different temperatures of a thermal (infrared) emitter.

Conclusion. The degree of blackness of the surface of germinated wheat and barley grains and ordinary wheat and barley grains was determined, and the heat flux obtained by germinated wheat, barley, ordinary wheat and barley grains at different temperatures of a thermal (infrared) emitter was calculated.

Key words: germinated grain, radiation, degree of blackness of the body, heat flow

For citation: Vendin S.V., Saenko Yu.V., Ulyantsev Yu.N., Bayramov R.Z. Results of experimental investigations on the determination of the thermal emission coefficients of grouped grain for ir heating // *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2022. T14, No.4. P. 123-132 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.72.54.017>

Введение

Климатические условия Российской Федерации на всей территории неодинаковы. На большей части территории есть теплое лето и холодная снежная зима. В естественных условиях обитания в течение года продуктивность животных и птицы неравномерна. На это влияют нерегулируемые природно-климатические факторы. При промышленных условиях содержания факторы окружающей среды внутри помещений делают регулируемые. При регулируемых факторах среды внутри помещения продуктивность поголовья должна быть одинаково высока в течение всего года. Известно, что продуктивность животных и птицы зависит от условий содержания, качества корма и генетического потенциала. В естественной среде

животные и птица поедают зеленые корма [1, 2], но в промышленных условиях им выдают только комбикорма и зеленые корма они не получают.

Зоотехники отмечают – для потребления зеленых кормов в рацион животных необходимо вводить пророщенное зерно. Но пророщенное зерно имеет высокую влажность – 55-60 %, поэтому оно быстро портится. Сырое пророщенное зерно необходимо скормить в течение двух часов. Для сохранности пророщенного зерна его необходимо высушить до влажности 14 % [3].

Исследования показывают, что использование только конвективного способа сушки для пророщенного зерна не позволяет равномерно высушить росток и зерновку до конечной влажности. Поэтому необходимо использовать комбинирован-



ный способ сушки с подводом тепла конвективным способом и тепловым излучением (инфракрасным нагревом). Однако для оценки величины теплового потока, воспринимаемого продуктом за счет теплового излучения, необходимо учитывать коэффициенты теплового излучения (степень черноты тела) как для источника теплового излучения, так и для объекта, поглощающего это излучение.

Особенностью сушки такого продукта как пророщенное зерно является то обстоятельство, что пророщенное зерно представляет собой объект неоднородный по своей структуре, а именно состоит из зерновки и ростка [4, 5, 6]. Зерновка и росток отличаются по структуре, геометрическим размерам и теплофизическим характеристикам.

В статье представлены результаты исследований по определению коэффициентов теплового излучения и оценки величины теплового потока, воспринимаемого нагреваемым продуктом от темных источников теплового (инфракрасного) излучения.

Материалы и методы исследования

Целью данного исследования являлось экспериментальное определение коэффициентов теплового излучения непророщенного и пророщенного зерна ячменя и пшеницы, а также оценка величины теплового потока, воспринимаемого нагреваемым продуктом от темных источников теплового (инфракрасного) излучения.

При нагреве (сушке) продуктов с применением теплового излучения необходимо учитывать, что тепловой поток Q_n (Вт), переходящий от более нагретого твердого тела к менее нагретому твердому телу посредством излучения, определяется из уравнения [4]:

$$Q_n = \varepsilon_{\text{пр}} C_0 F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \varphi, \quad (1)$$

где F – площадь поверхности излучения, м^2 ;

T_1, T_2 – абсолютные температуры поверхностей более нагретого и менее нагретого тел, К;

φ – средний угловой коэффициент, который определяется формой и размерами участвующих

в теплообмене поверхностей, их взаимным расположением в пространстве и расстоянием между ними;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент теплового излучения; $C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}^4$ – излучательная способность абсолютно черного тела.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – коэффициенты теплового излучения (степень черноты тела);

F_1, F_2 – поверхности более нагретого и менее нагретого тел, м^2 .

Если излучающая и поглощающая поверхности равны F , то

$$Q_n = \varepsilon_{\text{пр}} C_0 F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (3)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}, \quad (4)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2}. \quad (5)$$

В том случае, когда более нагретая поверхность представляет собой абсолютно черное тело ($\varepsilon_1=1$), то формула (5) приобретает вид

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_2. \quad (6)$$

Таким образом, для определения теплового потока, при использовании темных источников теплового (инфракрасного) излучения со степенью черноты поверхности ε_1 , нагревающего продукт, необходимо знать его степень черноты ε_2 .

Отметим, что темные источники теплового (инфракрасного) излучения имеют металлические поверхности, значения степени черноты которых можно встретить в справочной литературе и которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения степени черноты для некоторых материалов

Металлы	Температура, °С	Степень черноты, ε
Алюминий	200 - 600	0,11 - 0,19
Латунь	200 - 600	0,61 - 0,69
Медь	200 - 600	0,57 - 0,87
Железо (сталь) окисленное	175 - 900	0,74 - 0,96
Сталь (нержавеющая)	200 - 600	0,25 - 0,35
Сталь (полированная)	900 - 1100	0,52 - 0,61
Сталь (окисленная)	40 - 370	0,94 - 0,97
Железо (окисленное)	30	0,23

Однако информации о степени черноты нагреваемых продуктов и сельскохозяйственных материалов в научной литературе недостаточно. И, несомненно, научный и практический интерес представляют исследования, посвященные опре-

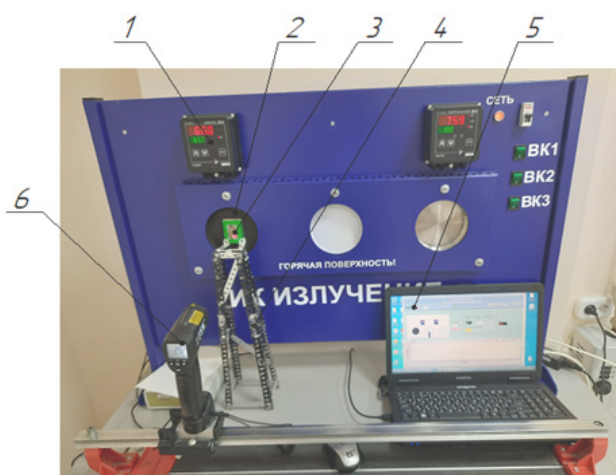
делению этих параметров.

Для проведения эксперимента использовали стенд, представленный на рисунке 1. Стенд позволяет провести измерения степени черноты образца материала путем измерения температур

термометром и пирометром.

Образцы зерна для измерения температур размещались в емкости 3, у которой, одна сторона была выполнена из пленки, прозрачной для ИК излучения.

Перед проведением эксперимента измерили температуру воздуха T° , затем разместили емкость 3 с пророщенным зерном между нагревательным элементом 2 и пирометром 6, так, чтобы происходил механический контакт между нагревательным элементом и емкостью с пророщенным зерном. Затем включили нагревательный элемент 2 для прогрева емкости с пророщенным зерном в течение 30-40 мин.



1 – блок управления; 2 – нагретая поверхность; 3 – емкость с пророщенным зерном;
4 – подставка; 5 – ПЭВМ; 6 – пирометр
Рис. 1 – Стенд для определения температуры, передаваемой ИК излучением
(1 - control unit; 2 - heated surface; 3 - a container with germinated grain;
4 - stand; 5 - PC; 6 - pyrometer

Fig.-1 A stand for determining the temperature transmitted by IR radiation)

С помощью термометра (контактным способом) производилось измерение температуры продукта $T_{\text{ч}}$ в емкости с пророщенным зерном со стороны нагревательного элемента, с противоположной стороны и внутри емкости. По этим показаниям определили среднее значение $T_{\text{ч}}$. Нагретое тело (емкость с пророщенным зерном) отдавало тепло в виде ИК излучения. Температура излучения $T_{\text{икч}}$ регистрировалась пирометром [7, 8, 9].

Наименьшая температура нагрева образцов зерна $T_{\text{ч}}$ при проведении экспериментов составила $323,15^\circ \text{K}$, а наибольшая температура нагрева составила $383,15^\circ \text{K}$. Измерения выполнялись с шагом температур 10 град. Температура окружающей среды составляла $298,95^\circ \text{K}$.

Степень черноты $\epsilon_{\text{ч}}$ для емкости с пророщенным зерном рассчитывалась по выражению

$$\epsilon_{\text{ч}} = \frac{\left[\left(\frac{T_{\text{икч}}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_0}{100}\right)^4\right]}{\left[\left(\frac{T_{\text{ч}}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_0}{100}\right)^4\right]}, \quad (7)$$

где $T_{\text{икч}}$ – температура емкости с пророщенным зерном, измеренная пирометром, $^\circ \text{K}$;

T_0 – температура окружающей среды, $^\circ \text{K}$;

$T_{\text{ч}}$ – температура емкости с пророщенным зерном, измеренная термометром, $^\circ \text{K}$.

Тепловой поток, получаемый пророщенным зерном при разных температурах, определялся по выражению:

$$Q = \epsilon_{\text{ч}} C_0 F \left[\left(\frac{T_{\text{изл}}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_0}{100}\right)^4 \right], \quad (8)$$

где $\epsilon_{\text{ч}}$ – степень черноты тела;

F – площадь стенки емкости с пророщенным зерном на которую попадает тепловой поток, м^2 ;

C_0 – излучательная способность абсолютно черного тела, $C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \text{ K}_4$;

$T_{\text{изл}}$ – температура темного источника теплового (инфракрасного) излучения, $^\circ \text{K}$;

Для определения достоверности результатов эксперимента проводился расчет статистических показателей [13, 14].

Среднеквадратическое отклонение σ определяли по выражению:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(N-1)}}, \quad (9)$$

где x – значение степени черноты тела при заданном значении температуры;

$\bar{x}$ – среднее значение степени черноты тела по итогу проведения экспериментов;

N – число проведенных экспериментов.

Коэффициент вариации v рассчитывался по формуле:

$$v = \pm 100 \sigma / \bar{x}, \quad (10)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение;

$\bar{x}$ – среднее значение степени черноты тела по итогу проведения экспериментов.

Ошибку рассчитывали с учетом выражения:

$$m(\bar{x}) = \pm \sigma / \sqrt{N}, \quad (11)$$

Результаты экспериментальных исследований

Результаты измерений температуры и результаты расчетов представлены в таблицах 2-9.

В таблице 2 представлены результаты измерения температуры и расчета степени черноты не пророщенного зерна пшеницы.



Таблица 2 – Результаты измерения температуры и расчета степени черноты непророщенного зерна пшеницы

№ опыта	Измеренные значения температур			Степени черноты поверхностей, $\varepsilon_{\text{ч}}$
	$T_0, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ч}}, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ИКЧ}}, ^\circ\text{K}$	
1	298,95	323,15	321,15	0,908
2	298,95	333,15	330,15	0,899
3	298,95	343,15	338,15	0,865
4	298,95	353,15	350,15	0,931
5	298,95	363,15	359,15	0,920
6	298,95	373,15	368,15	0,911
7	298,95	383,15	377,15	0,903
Среднее значение				0,905

Среднеквадратическое отклонение степени черноты поверхности тела составило $\sigma = \pm 0,0206$, коэффициент вариации $v = 2,27\%$, ошибка $m(\bar{x}) = 0,0078$.

По результатам выполненных измерений и проведенных расчетов (табл. 2) можем отметить,

что среднее значение степени черноты непророщенной пшеницы составляет 0,905.

В таблице 3 представлены результаты измерения температуры и расчета степени черноты пророщенного зерна пшеницы.

Таблица 3 – Результаты измерения температуры и расчета степени черноты пророщенного зерна пшеницы

№ опыта	Измеренные значения температур			Степени черноты поверхностей, $\varepsilon_{\text{ч}}$
	$T_0, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ч}}, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ИКЧ}}, ^\circ\text{K}$	
1	298,95	323,15	318,15	0,774
2	298,95	333,15	324,15	0,705
3	298,95	343,15	335,15	0,788
4	298,95	353,15	344,15	0,798
5	298,95	363,15	346,15	0,677
6	298,95	373,15	351,15	0,633
7	298,95	383,15	370,15	0,795
Среднее значение				0,739

Среднеквадратическое отклонение степени черноты поверхности тела составило $\sigma = \pm 0,0664$, коэффициент вариации $v = 8,99\%$, ошибка $m(\bar{x}) = 0,0251$.

По результатам выполненных измерений и проведенных расчетов (табл. 3) можем отметить,

что среднее значение степени черноты пророщенной пшеницы составляет 0,739.

В таблице 4 представлены результаты измерения температуры и расчета степени черноты непророщенного зерна ячменя.

Таблица 4 – Результаты измерения температуры и расчета степени черноты непророщенного зерна ячменя

№ опыта	Измеренные значения температур			Степени черноты поверхностей, $\varepsilon_{\text{ч}}$
	$T_0, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ч}}, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ИКЧ}}, ^\circ\text{K}$	
1	298,95	323,15	321,15	0,908
2	298,95	333,15	328,15	0,833
3	298,95	343,15	340,15	0,919
4	298,95	353,15	348,15	0,886
5	298,95	363,15	360,15	0,940
6	298,95	373,15	365,15	0,859
7	298,95	383,15	371,15	0,810
Среднее значение				0,879



Среднеквадратическое отклонение степени черноты поверхности тела составило $\sigma=\pm 0,0473$, коэффициент вариации $v=5.38\%$, ошибка $m(\bar{x})=0,0179$.

По результатам выполненных измерений и проведенных расчетов (табл. 4) можем отметить,

что среднее значение степени черноты непророщенного ячменя составляет 0,879.

В таблице 5 представлены результаты измерения температуры и расчета степени черноты пророщенного зерна ячменя

Таблица 5 – Результаты измерения температуры и расчета степени черноты пророщенного зерна ячменя

№ опыта	Измеренные значения температур			Степени черноты поверхностей, ε_c
	$T_0, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ч}}, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ИКЧ}}, ^\circ\text{K}$	
1	298,95	323,15	320,15	0,863
2	298,95	333,15	326,15	0,768
3	298,95	343,15	332,15	0,712
4	298,95	353,15	342,15	0,756
5	298,95	363,15	357,15	0,881
6	298,95	373,15	351,15	0,633
7	298,95	383,15	357,15	0,611
Среднее значение				0,746

Среднеквадратическое отклонение степени черноты поверхности тела составило $\sigma=\pm 0,1039$, коэффициент вариации $v=14.92\%$, ошибка $m(\bar{x})=0,0393$.

По результатам выполненных измерений и проведенных расчетов (табл. 5) можем отметить, что среднее значение степени черноты пророщенного ячменя составляет 0,746.

На рисунке 2 представлены значения степени черноты поверхности пророщенной пшеницы, непророщенной пшеницы, пророщенного ячменя, непророщенного ячменя.

Согласно рисунку 2 степень черноты у непророщенной пшеницы выше, чем у непророщенного ячменя и соответственно составляют 0,905 и 0,879. Степень черноты у пророщенного ячменя несколько выше, чем у пророщенной пшеницы и составляют соответственно 0,746 и 0,739.

В таблице 6 представлены результаты расчета теплового потока, получаемого непророщенным зерном пшеницы при различных температурах излучателя $T_{\text{изл}}, ^\circ\text{K}$.

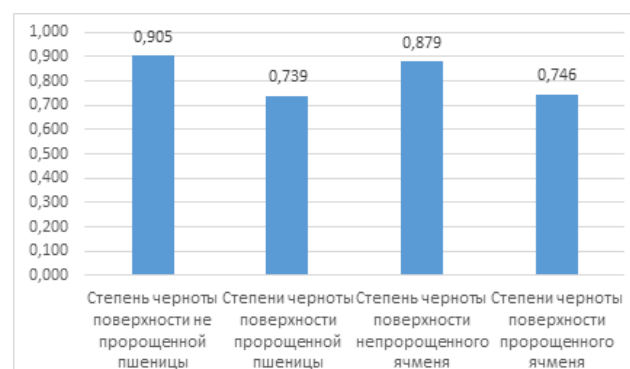


Рис. 2 – Степени черноты поверхности пророщенной пшеницы, непророщенной пшеницы, пророщенного ячменя, непророщенного ячменя

(Fig.–2 The degree of blackness of the surface of sprouted wheat, sprouted wheat, sprouted barley, non-sprouted barley)

Таблица 6 – Результаты расчета теплового потока, получаемого зерном пшеницы непророщенной

№ опыта	Измеренные значения температур		Степени черноты поверхностей, ε_c	Тепловой поток $Q, \text{Вт}$
	$T_0, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ч}}, ^\circ\text{K}$		
1	298,95	321,15	0,905	0,163
2	298,95	330,15	0,905	0,240
3	298,95	338,15	0,905	0,313
4	298,95	350,15	0,905	0,434
5	298,95	359,15	0,905	0,533
6	298,95	368,15	0,905	0,640
7	298,95	377,15	0,905	0,754



Тепловой поток, получаемый зерном, возрастает по мере повышения температуры излучателя от 323,15 до 383,15 ° K и составляет от 0,163 Вт до 0,754 Вт.

В таблице 7 представлены результаты расчета теплового потока, получаемого пророщенным зерном пшеницы при различных температурах излучателя $T_{\text{изл}}, ^\circ\text{K}$.

Таблица 7 – Результаты расчета теплового потока получаемого зерном пшеницы пророщенной

№ опыта	Измеренные значения температур		Степени черноты поверхностей, $\epsilon_{\text{ч}}$	Тепловой поток Q , Вт
	$T_0, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ч}}, ^\circ\text{K}$		
1	298,95	321,15	0,739	0,113
2	298,95	330,15	0,739	0,153
3	298,95	338,15	0,739	0,233
4	298,95	350,15	0,739	0,304
5	298,95	359,15	0,739	0,320
6	298,95	368,15	0,739	0,363
7	298,95	377,15	0,739	0,542

Тепловой поток, получаемый зерном возрастает по мере повышения температуры излучателя от 323,15 до 383,15 ° K и составляет от 0,113 Вт до 0,542 Вт.

В таблице 8 представлены результаты расчета теплового потока, получаемого непророщенным зерном ячменя при различных температурах излучателя $T_{\text{изл}}, ^\circ\text{K}$.

Таблица 8 – Результаты расчета теплового потока, получаемого зерном ячменя непророщенного

№ опыта	Измеренные значения температур		Степени черноты поверхностей, $\epsilon_{\text{ч}}$	Тепловой поток Q , Вт
	$T_0, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ч}}, ^\circ\text{K}$		
1	298,95	321,15	0,879	0,159
2	298,95	330,15	0,879	0,216
3	298,95	338,15	0,879	0,323
4	298,95	350,15	0,879	0,401
5	298,95	359,15	0,879	0,529
6	298,95	368,15	0,879	0,586
7	298,95	377,15	0,879	0,657

Тепловой поток получаемый зерном возрастает по мере повышения температуры излучателя от 323,15 до 383,15 и составляет от 0,159 Вт до 0,657 Вт.

В таблице 9 представлены результаты расчета теплового потока, получаемого пророщенным зерном ячменя при различных температурах излучателя $T_{\text{изл}}, ^\circ\text{K}$.

Таблица 9 – Результаты расчета теплового потока, получаемого зерном ячменя пророщенного

№ опыта	Измеренные значения температур		Степени черноты поверхностей, $\epsilon_{\text{ч}}$	Тепловой поток Q , Вт
	$T_0, ^\circ\text{K}$	$T_{\text{ч}}, ^\circ\text{K}$		
1	298,95	321,15	0,746	0,128
2	298,95	330,15	0,746	0,169
3	298,95	338,15	0,746	0,212
4	298,95	350,15	0,746	0,290
5	298,95	359,15	0,746	0,421
6	298,95	368,15	0,746	0,366
7	298,95	377,15	0,746	0,421

Тепловой поток получаемый зерном возрастает по мере повышения температуры излучателя от 323,15 до 383,15 и составляет от 0,128 Вт до 0,421 Вт.

четного теплового потока, получаемого зерном непророщенной и пророщенной пшеницы, непророщенного и пророщенного ячменя, от температуры излучателя (по данным таблиц 6-9).

На рисунке 3 изображены зависимости рас-

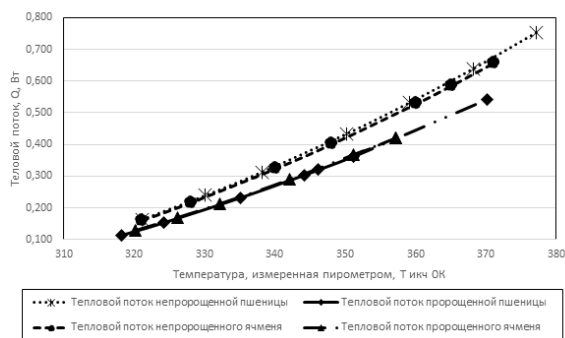


Рис. 3 – Зависимости теплового потока, получаемого зерном, от температуры излучателя (Fig.–3 The dependence of the heat flow received by the grain on the temperature of the radiator)

Согласно полученным значениям теплового потока (рис. 3) для проращенного и непроращенного ячменя, проращенной и непроращенной пшеницы в диапазоне температур излучателя от 323,15° К до 383,15° К можем отметить, что наибольшее значение – 0,754 Вт отмечено у непроращенной пшеницы при максимальной температуре излучателя по пирометру 371,15 ° К. Наименьшее значение теплового потока зафиксировано у проращенной пшеницы – 0,113 Вт при наименьшей температуре излучателя по пирометру 318,15 ° К.

Заключение

На основе результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Среднее значение степени черноты у непроращенной пшеницы составило 0,905, у проращенной пшеницы – 0,739, у непроращенного ячменя – 0,879, у проращенного ячменя – 0,746.

Наибольшие расчетные значения теплового потока, получаемого зерном от темного ИК-излучателя для непроращенной пшеницы составляет 0,754 Вт при наибольшей температуре излучателя 383,15° К, для проращенной пшеницы – 0,542 Вт, для непроращенного ячменя – 0,657 Вт, для проращенного ячменя – 0,421 Вт.

Список источников

1 Походня Г.С. Свиноводство и технология производства свинины: Сборник научных трудов научной школы профессора Г.С. Походни (Специальный выпуск №2: Использование проращенного зерна в рационах свиней) / Г.С. Походня. – Белгород. – 2009. – 68 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23725858>

2 Завражнов А.И. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии / А.И. Завражнов, В.Ф. Федоренко, В.И. Горшенин, К.А. Могаенков и др. — СПб.: Лань, 2013. — 496 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/5841>

3 Пат. 2493697 Российская Федерация, А01К 5/02 (2006.01). Технологическая линия для подготовки к скармливанию проращенного зерна / Ю.В. Саенко, С.А. Булавин, А.Ю. Носуленко, В.А. Немыкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородская ГСХА. – № 2012102292; заявл.

23.01.2012; опубл. 27.09.2013, Бюл. №27. – 7 с. : ил. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

4 Демидов А.С. Совершенствование процесса сушки масличных семян инфракрасным излучением на основе математического моделирования. Дис. Кандидат техн. Наук. Специальность 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств, СПб., 2012. – 142 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-protsessa-sushki-maslichnykh-semyan-infrakrasnym-izlucheniem-na-osnove-ma>

5 Вендин С.В. К расчету параметров сушки проращенного зерна / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, А.Ф. Окунев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы: Майский, 2020. – №3. – С. 9-16. <https://bsaa.edu.ru/science/3%20vipysk.pdf>

6 Сысоев Э.В. Моделирование тепловых процессов в исследуемых объектах при бесконтактном тепловом воздействии на них подвижным точечным источником тепла / Э.В. Сысоев, Т.И. Чернышова // Вестник ТГТУ, 2002, том № 8. – с. 70-79. URL: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_8/tom_N8.htm

7 Жуков Н.П. Определение теплофизических свойств материалов неразрушающим способом / Н.П. Жуков, Ю.Л. Муромцев, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов // Вестник ТГТУ, 2002, том № 8. – с. 54-61. URL: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_8/tom_N8.htm

8 Цугленок Н.В. Методика определения теплофизических свойств зернового материала / Н.В. Цугленок, С.К. Манасян, Н.В. Демский, Н.Н. Конусов // Вестник КрасГАУ, № 4. – Красноярск, 2007. – С. 131–133. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-opredeleniya-teplofizicheskikh-svoystv-zernovogo-materiala/viewer>

9 Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна / Н.И. Малин. — М.: КолосС, 2004. — 240 с. URL: <https://fr-lib.ru/books/nauka-i-ucheba/energoberegaiushchaia-sushka-zerna-download333929>

10 Рудобашта С.П. Теплотехника / С.П. Рудобашта. — М.: КолосС, 2010. — 599 с. URL: file:///C:/Users/Yuriy/Downloads/StaslavPavlovichRudobashta_Teplotehnika_RuLit_Me_425043.pdf

11 Пилипенко Н.В. Методы и приборы для измерения тепловых величин в энергоемких технологических процессах / Н.В. Пилипенко. - СПб: Университет ИТМО, 2017. - 65 с. URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2163.pdf>

12 Лыков А.В. Тепломассообмен / А.В. Лыков. — М.: Энергия, 1978. — 480 с. URL: https://www.studmed.ru/lykov-av-teplomassoobmen_44a57897b35.html

13 Юдин Ю.В. Организация и математическое планирование эксперимента / Ю.В. Юдин, М.В. Майсурадзе, Ф.В. Водолазский. – Екатеринбург: Уральский университет, 2018. – 124 с. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65224/1/978-5-7996-2486-6_2018.pdf?ysclid=I95h6valw5507859833

14 Большедворская В.К. Статистика / В.К. Большедворская, С.В. Труфанова. – Иркутск: Иркутский ГАУ, 2015. – 251 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/156791>



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: Sbornik nauchnykh trudov nauchnoy shkoly professora G.S. Pohodni (Special'nyy vypusk №2: Ispol'zovanie prorashchennogo zerna v racional'nykh sviney) / G.S. Pohodnya. – Belgorod. – 2009. – 68 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23725858>
2. Zavrazhnov A.I. Sovremennye problemy nauki i proizvodstva v agroinzhenerii / A.I. Zavrazhnov, V.F. Fedorenko, V.I. Gorshenin, K.A. Monaenkov i dr. — SPb.: Lan', 2013. — 496 s. URL: <https://e.lanbook.com/book/5841>
3. Pat. 2493697 Rossijskaya Federaciya, A01K 5/02 (2006.01). Tekhnologicheskaya liniya dlya podgotovki k skarmlivaniyu prorashchennogo zerna / YU.V. Saenko, S.A. Bulavin, A.YU. Nosulenko, V.A. Nemykin; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Belgorodskaya GSKHA. — № 2012102292; zayavl. 23.01.2012; opubl. 27.09.2013, Byul. №27. - 7 s. : il. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
4. Demidov A.S. Sovershenstvovanie processa sushki maslichnykh semyan infrakrasnym izlucheniem na osnove matematicheskogo modelirovaniya. Dis. Kandidat tekhn. Nauk. Special'nost' 05.18.12 – Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv, SPb., 2012. - 142 s. URL: <https://www.disserscat.com/content/sovershenstvovanie-protsesta-sushki-maslichnykh-semyan-infrakrasnym-izlucheniem-na-osnove-ma>
5. Vendin S.V. K raschetu parametrov sushilki prorashchennogo zerna / S.V. Vendin, YU.V. Saenko, A.F. Okunev // Innovacii v APK: problemy i perspektivy: Majskij, 2020. - №3. - S. 9-16. URL: <https://bsaa.edu.ru/science/3%20vipysk.pdf>
6. Sysoev E.V. Modelirovanie teplovykh processov v issleduemykh ob'ektah pri beskontaktnom teplovom vozdejstvii na nih podvizhnym tochechnym istochnikom tepla / E.V. Sysoev, T.I. Chernyshova // Vestnik TGTU, 2002, tom № 8. —s. 70-79. URL: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_8/tom_N8.htm
7. Zhukov N.P. Opredelenie teplofizicheskikh svoystv materialov nerazrushayushchim sposobom / N.P. Zhukov, YU.L. Muromcev, N.F. Majnikova, I.V. Rogov // Vestnik TGTU, 2002, tom № 8. —s. 54-61. URL: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_8/tom_N8.htm
8. Cuglenok N.V. Metodika opredeleniya teplofizicheskikh svoystv zernovogo materiala / N.V. Cuglenok, S.K. Manasyan, N.V. Demskij, N.N. Konusov // Vestnik KrasGAU, № 4. — Krasnoyarsk, 2007. — С. 131–133. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-opredeleniya-teplofizicheskikh-svoystv-zernovogo-materiala/viewer>
9. Malin N.I. Energoberegayushchaya sushka zerna / N.I. Malin. — M.: KolosS, 2004. — 240 s. URL: <https://fr-lib.ru/books/nauka-i-ucheba/energoberegayushchaya-sushka-zerna-download333929>
10. Rudobashta S.P. Teplotekhnika / S.P. Rudobashta. — M.: KolosS, 2010. — 599 s. URL: file:///C:/Users/Yuriy/Downloads/Stani%20slav%20Pavlovich%20Rudobashta_Teplotekhnika_RuLit_Me_425043.pdf
11. Pilipenko N.V. Metody i pribory dlya izmereniya teplovykh velichin v energoemkikh tekhnologicheskikh processah / N.V. Pilipenko. - SPb: Universitet ITMO, 2017. - 65 s. URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2163.pdf>
12. Lykov A.V. Teplomassoobmen / A.V. Lykov. — M.: Energiya, 1978. — 480 s. URL: https://www.studmed.ru/lykov-av-teplomassoobmen_44a57897b35.html
13. Yudin YU. V. Organizatsiya i matematicheskoe planirovanie eksperimenta : uchebnoe posobie / YU. V. Yudin, M. V. Majsuradze, F. V. Vodolazskij. — Ekaterinburg : Ural'skij universitet, 2018. — 124 s. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65224/1/978-5-7996-2486-6_2018.pdf?ysclid=I95h6valw5507859833
14. Bol'shedvorskaya V.K. Statistika / V.K. Bol'shedvorskaya, S.V. Trufanova. — Irkutsk: Irkutskij GAU, 2015. — 251 s. URL: <https://e.lanbook.com/book/156791>

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 техн. наук, профессор зав. кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, elark@mail.ru

Саенко Юрий Васильевич, д-р техн. наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, yuriy311300@mail.ru

Ульянцев Юрий Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина uljancev_jn@bsaa.edu.ru

Байрамов Ровшан Захид оглы, аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе инженерного факультета Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, at-bel@bk.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

Ulyantsev Yuri N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Equipment and Electrical Technologies in the Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin uljancev_jn@bsaa.edu.ru

Bayramov Rovshan Zahid ogly., Postgraduate student of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness of the Faculty of Engineering Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, at-bel@bk.ru

Статья поступила в редакцию 01.11.2022; одобрена после рецензирования 03.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 01.11.2022.; approved after reviewing 03.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





Вестник РГАТУ, 2022, т.14, № 4, с. 133-144
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, № 4, pp 133-144

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.252
DOI: 10.36508/RSATU.2022.31.47.018

ПОВЫШЕНИЕ СОХРАННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

Константин Александрович Забара¹✉, Александр Владимирович Шемякин², Вячеслав Викторович Терентьев³, Виталий Александрович Киселев⁴

^{1,2,3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹zabara78@yandex.ru

²shem.alex62@yandex.ru

³vvt62ryazan@yandex.ru

⁴oap.kafedra@yandex.

Аннотация.

Проблема и цель. По общему правилу, сельскохозяйственная техника должна храниться в закрытых помещениях, под навесом и на открытых площадках. Но такие технологии хранения сельскохозяйственной техники не позволяют обеспечить тех оптимальных условий хранения техники, которые требуются для ее реальной сохранности, при этом их экономическая эффективность также находится на низком уровне. Цель исследования – получение экспериментального подтверждения повышения сохранности различных машин и технических средств, связанных с производством сельскохозяйственной продукции за счет применения экспериментального устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники с оценкой экономической эффективности предлагаемого способа хранения.

Методология. В исследованиях проводилась сравнительная оценка эффективности предлагаемого способа хранения сельскохозяйственной техники с другими способами хранения техники данного вида. В качестве объекта исследования нами использовались сеялки зернотуковые СЗ-3,6 в количестве 4 единиц, процесс хранения, которых осуществлялся следующим образом: одна единица сельскохозяйственной техники под навесом, одна единица сельскохозяйственной техники в закрытом помещении, одна единица сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом и одна единица сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом с источниками инфракрасного излучения.

Результаты. Проведенные экспериментальные исследования подтверждают эффективность рассматриваемого способа хранения в области снижения потерь металла от коррозионного разрушения в период длительного хранения. Анализ показал, что предлагаемый способ хранения сельскохозяйственной техники не требует значительных капитальных вложений на оборудование отдельного участка открытой площадки под место хранения техники. Дополнительные материальные затраты и трудовые ресурсы на подготовку и содержание изолируемого объекта сельскохозяйственной техники не требуются, при этом общие затраты на подготовку и содержание одной единицы изолируемого объекта сельскохозяйственной техники сравнимы со способом хранения одной единицы такого же типа изолируемого объекта сельскохозяйственной техники в закрытом помещении.

Заключение. Проведенные экспериментальные исследования свидетельствуют, что потери металла одной единицы изолируемого объекта сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом с источниками инфракрасного излучения сопоставимы с закрытым способом хранения. Применение экспериментального устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники является более подходящим способом защиты сеялки зернотуковой СЗ-3,6 от влияния на нее определенных метеорологических условий, преобладающих для данной местности (влажности воздуха, осадков, температурного режима, солнечной радиации).

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, технология хранения, изолируемый объект СХТ, теплоотражающий чехол, источники инфракрасного излучения

Для цитирования: Забара К.А., Шемякин А.В., Терентьев В.В., Киселев В.А. Повышение сохранности сельскохозяйственной техники при хранении // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т 14, № 4, С.133-144 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.31.47.018>



TECHNICAL SCIENCES

Original article

INCREASING PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY DURING STORAGE

Konstantin A. Zabara¹✉, Alexander V. Shemyakin², Vyacheslav V. Terentyev³, Vitaly A. Kiselev⁴^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia¹zabara78@yandex.ru²shem.alex62@yandex.ru³vvt62ryazan@yandex.ru⁴oap.kafedra@yandex.**Abstract.**

Problem and purpose. As a general rule, agricultural machinery should be stored indoors, under a canopy and in open areas. But such storage technologies of agricultural machinery do not allow providing those optimal storage conditions for equipment that are required for its real protection, while their economic efficiency is also at a low level. The purpose of the study was the experimental substantiation of improving the storage for various machines and technical means related to agricultural production by using an experimental device for long-term storage of agricultural machinery, and evaluating the economic efficiency of the proposed method of storage.

Methodology. In the studies, a comparative evaluation of the efficiency of the proposed method of agricultural machinery storage with other methods of storage (storage under a canopy, indoors and under a heat-reflecting cover) was carried out. An object of study was 4 seed-fertilizer planters S 3-3.6. Their storage process was carried out as follows: 1 unit of agricultural machinery was kept under a canopy, 1 unit of agricultural machinery was kept indoors, 1 unit of agricultural machinery was kept under a heat-reflecting cover and 1 unit of agricultural machinery was kept under a heat-reflecting cover with sources of infrared radiation.

Results. The conducted experimental studies prove the efficiency of the proposed method of storage in the field of reducing metal losses from corrosion damage during long-term storage. The analysis showed that the proposed method of agricultural machinery storage does not require any significant capital investments to equip the open storage area. Additional material costs and labor resources for the preparation and maintenance of an insulated object of agricultural machinery are not required, while the total costs to prepare and maintain one unit of agricultural machinery are comparable to the method of storing one unit of the same agricultural machinery indoors.

Conclusion. The conducted experimental studies show that the loss of metal of one insulated object of agricultural machinery under a heat-reflecting cover with sources of infrared radiation is comparable to a closed storage method. The use of an experimental device for long-term storage of agricultural machinery is a more rational way to ensure the reliable protection of S 3-3.6 seed-fertilizer planter from environmental influences prevailing for the area (air humidity, precipitation, temperature, solar radiation).

Key words: agricultural machinery, storage technology, insulated AM object, heat-reflecting cover, infrared radiation sources

For citation: Zabara K.A., Shemyakin A.V., Terentyev V.V., Kiselev V.A. Increasing protection of agricultural machinery during storage // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, 2022, Vol. 14, No. 4, P. 133-144 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.31.47.018>

Введение

Постоянный рост стоимости парка сельскохозяйственных машин в современных условиях рыночной экономики требуют от инженерной службы разработки новых подходов к правилам хранения, позволяющих решить основные проблемы сохранности сельскохозяйственной техники. Основная проблема сохранности сельскохозяйственной техники связана, прежде всего, с обслуживанием содержащихся на хранении машин. Так, например, около 70 % предприятий АПК не имеют даже обустроенных мест для хранения объектов сельскохозяйственной техники. Более 80 % объектов сельскохозяйственной техники перед их размещением на длительное хранение, не подвергаются, в полном объеме, прохождению технического обслуживания. Поэтому из года в год степень износа

сельскохозяйственной техники в нерабочий период лишь только растет. Высокая степень износа сельскохозяйственной техники в 25 % случаев за год приводит к частичному или полному прекращению выполнения определенных функций отдельных элементов или машины в целом, а затраты на восстановление работоспособности этих машин увеличивается в среднем на 4-5 %. Принимая во внимание тот факт, что основной проблемой сохранности сельскохозяйственной техники является, прежде всего, обслуживание содержащихся на хранении машин, нами предлагается способ повышения сохранности техники в период длительного хранения путем применения устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники, а именно теплоотражающий чехол с источниками инфракрасного излучения.



Объекты и методы

Отличительной особенностью работы машины в сельском хозяйстве является её кратковременное периодическое и напряженное использование с последующим длительным хранением. Причем длительность работы большинства машин составляет всего лишь 10-15 % в течение года [1-3].

Согласно требованиям нормативно-технической документации, после завершения работы, связанной с производством сельскохозяйственной продукции, объект сельскохозяйственной техники необходимо очистить от остатков растений, технологических загрязнений, вымыть, провести работы по консервации узлов и агрегатов, а затем поставить на длительное хранение. В период длительного хранения объект сельскохозяйственной техники фактически находится под воздействием окружающей среды, которое в достаточной степени оказывает влияние на развитие таких негативных процессов как коррозия металлов, старение высокомолекулярных химических соединений и т.д. Подобные изменения, как правило, вызывают отрицательные последствия и ухудшают эксплуатационные свойства объекта сельскохозяйственной техники.

Необходимо отметить, что металлы и их сплавы являются основными конструкционными материалами при создании современной техники. Металлы и их сплавы – это материалы, которые соединяют в себе много важных технологических качеств, таких как твердость, прочность, ударная вязкость, электро- и теплопроводность; высокая степень обрабатываемости – ковкость, гибкость, резка, пайка, сварка и т.д.

Коррозия – это процесс самопроизвольного разрушения металла вследствие физико-химического взаимодействия его с окружающей средой [4]. Обычно процессу коррозии подвергаются металлы, которые в природе встречаются не в естественном виде, а в виде различных соединений. Так, например, гематит (красный железняк) – достаточно хорошо известный минерал железа Fe_2O_3 , одна из основных железных руд. Магнетит (магнитный железняк) – хорошо известный минерал черного цвета из класса оксидов, природный оксид железа (II, III) – $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Магнетит также как и гематит является одной из важнейших железных руд. Гидратированный оксид, лимонит (бурый железняк) – представляет собой смесь гидратов железа (III). Сфалерит (цинковая обманка) – минерал класса сульфидов, сульфид цинка. Молибденит – мягкий свинцово-серый минерал с жирным металлическим блеском, сульфид молибдена – MoS_2 . Пирит (серный колчедан или железный колчедан) – минерал, дисульфид железа химического состава FeS_2 и т.д.

Производственные процессы вычленения этих металлов из их соединений с помощью таких способов как доменная плавка, пирометаллургия (вычленение металлов с помощью высоких температур), гидрометаллургия (вычленение металлов с помощью водных растворов определенных веществ) и электрометаллургия (вычленение металлов с помощью электрического тока – элек-

тролиза) протекают с существенными затратами энергии, которая аккумулируется в них (металлах) в виде свободной энергии Гиббса.

По этой причине возвращение этих металлов в их прежнее состояние – соединения, происходит с высвобождением свободной энергии Гиббса и осуществляется самопроизвольно.

Из этого следует, что металлическое состояние для большей части металлов в условиях атмосферы (наличие влаги и кислорода воздуха), а также в ряде жидких сред (природные воды, растворы солей, кислот, щелочей) – термодинамически неустойчиво. Исключением из этого правила составляют только те металлы, которые в природе встречаются в естественном виде (например, платина, золото, серебро и ртуть). Сущность коррозионного процесса заключается в том, что металлы всегда стремятся перейти в термодинамически более стабильное состояние. Термодинамически стабильное состояние химических элементов определяется знаком и величиной изменения свободной энергии Гиббса при формировании их из химических веществ, состоящих исключительно из атомов одного химического элемента.

Расчеты термодинамических функций указывают на то, что соединения платины, золота и серебра термодинамически неустойчивы в стандартных условиях. Поэтому эти металлы не подвергаются самопроизвольному разрушению при условии, что их применение не отличается от природных. О показателях термодинамически стабильного состояния разного рода металлов можно определить на основании расчета изменения свободной энергии Гиббса конкретного процесса самопроизвольного разрушения металла.

Определяя потенциальную возможность процесса самопроизвольного разрушения металла, термодинамика, однако ничего не говорит о скорости протекания этого процесса. Вместе с тем, с точки зрения практики как раз таки скорость процесса самопроизвольного разрушения металла и играет решающую роль. Так, например, применение металла в качестве металлоконструкций различного назначения в данной среде возможно только тогда, когда процесс окисления в достаточной степени заторможен. И, тем не менее, скорость процесса самопроизвольного разрушения металла не связана непосредственно с величиной изменения свободной энергии Гиббса, а зависит от кинетических факторов.

Коррозия в зависимости от свойств самого металла, окружающей среды и иных условий является причиной различных видов разрушений. На рисунке 1 представлены разрезы через прокорродировавшие опытные образцы листового материала, которые показывают, как может изменяться рельеф поверхности в результате процесса самопроизвольного разрушения металла.

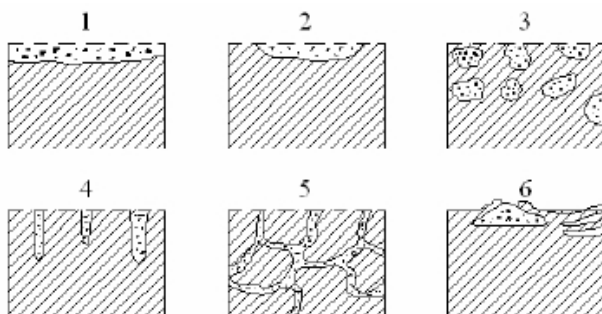
По характеру распространения разрушений коррозию металла классифицируют на равномерную и неравномерную.

К равномерной относится коррозия, при которой поражена примерно в одинаковой степени вся поверхность металла. Данный вид самопро-



извольного разрушения металла очень часто равномерно распространяется по всей поверхности детали. Причем в наибольшей степени коррозия под открытым небом представляет собой именно такой вид разрушения металла.

Неравномерная коррозия – это процесс самопроизвольного разрушения металла, который, во-первых, гораздо более опасный, чем равномерная коррозия, так как появляется и прогрессирует на поверхности металла в виде отдельных очагов так называемых язв, а во-вторых, на локальных участках поверхности металлической детали корродирует достаточно глубоко, при этом вся остальная поверхность детали остается не поврежденной.



1 – равномерная; 2 – неравномерная; 3 – избирательная; 4 – питтинг;

5 – межкристаллитная; 6 – подповерхностная

Рис. 1 – Различные виды самопроизвольного разрушения металла

(1 — even ; 2 - uneven; 3 - selective; 4 - pitting;

5 - intergranular; 6 - subsurface.

Fig.1 - Various types of spontaneous destruction of the metal)

Опасным видом самопроизвольного разрушения металла является питтинговая (точечная) коррозия. Такой вид коррозии мало заметен для невооруженного глаза и проникает достаточно на большую глубину металлической детали. Деталь как будто бы истыкана тонкой иглой.

Другим видом самопроизвольного разрушения металла является межкристаллитная коррозия. Это такой вид коррозии, при котором разрушение металла происходит внутри него по границам кристаллов. Причем визуально деталь остается без изменений. Однако если по детали сильно ударить, то она разлетится на мелкие кусочки. В частности, такому виду коррозии подвергаются медные сплавы, бронза, латунь, чугун и нержавеющей стали.

К очень опасным видам самопроизвольного разрушения металла относится избирательная коррозия. При данном виде коррозии разрушение металла происходит внутри него по границам кристаллов только одного компонента сплава. Например, сплав из цинка и меди.

Представленная выше классификация коррозии металла само собой является условной и неполной. Так как существуют и другие многочисленные формы самопроизвольного разрушения металла, которые лежат между основными видами, указанными на рисунке 1.

Следует отметить и то, что в тех местах, в которых доступ кислорода резко ограничен (зазоры, щели, трещины и т.д.), нередко возникает и развивается так называемая щелевая коррозия, например во фланцевом соединении труб, где присутствуют застойные зоны.

Принято классифицировать процессы коррозии металла по механизму на:

1) химическую коррозию – это самопроизвольное разрушение металлов в среде окислительного газа или в жидких неэлектролитах (вещества, которые не распадаются на ионы в растворах и расплавах, а значит, не проводят электрический ток в растворенном виде);

2) электрохимическую коррозию – это самопроизвольное разрушение металлов в газовой атмосфере, когда на поверхности детали возможно выпадение росы (атмосферная коррозия), в почвах (почвенная коррозия) и в любых растворах электролитов (жидкостная коррозия). Иными словами, электрохимическая коррозия – это процесс растворения металла, который сопровождается возникновением внутри системы электрического тока. Причем движение заряженных частиц в определенном направлении возникает при взаимодействии металла с коррозионной средой, например с раствором электролита, а не за счет внешнего источника тока.

Важно отметить то, что электрохимическая коррозия встречается очень часто и гораздо опаснее для металлических изделий, причем атмосферная коррозия считается самым распространенным её видом.

По существу, электрохимическая коррозия является работой микрогальванических пар. На практике самопроизвольное разрушение переносят по большей части так называемые технические металлы, т.е. металлы, которые чаще применяются в промышленности и содержат в себе добавки других металлов, а также различных веществ без свойств и внешних признаков металлов.

Точно такой же процесс самопроизвольного разрушения металлов протекает и при таких обстоятельствах, когда во взаимодействии между собой оказываются мельчайшие кристаллики разных металлов, как чаще всего это бывает в сплавах. В этих условиях на поверхности металла образуется большое число мельчайших гальванических пар, при котором происходит разрушение только одного компонента сплава.

Из этого следует, что процесс электрохимической коррозии является результатом действия огромного количества микрогальванических пар.

Статистические данные показывают, что около 70 % металлоконструкций испытывают на себе негативное воздействие атмосферной коррозии. Это, в частности, связано с тем, что значительное количество таких металлоконструкций находятся под открытым небом (рис. 2). Кроме того, принято считать, что активная фаза атмосферной коррозии начинается развиваться при относительной влажности воздуха свыше 60 %, так как в более сухом воздухе процессы самопроизвольного разрушения металлов практически не протекают.

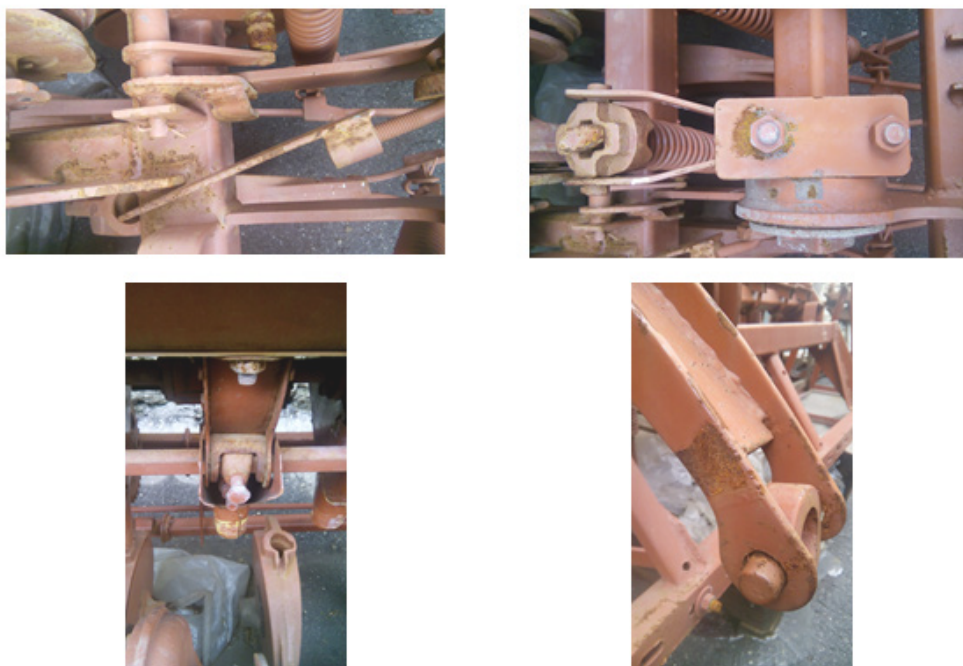


Рис. 2 – Очаги коррозионного разрушения на элементах конструкции сельскохозяйственной техники
(фото авторов статьи)
(Fig.–2 The centers of corrosion damage on structural elements of agricultural machinery (photo by the authors of the article))

На поверхности практически любой металлической детали, находящейся под открытым небом, в момент перепада температур появляется влажная тонкая пленка. В свою очередь газы, которые постоянно находятся в окружающей атмосфере, поглощаются этой пленкой и внутри неё растворяются. В результате чего образуется искусственная среда, которая способствует возникновению взаимодействия металла с электролитами.

Состав влажной тонкой пленки оказывает не меньшее влияние на процессы самопроизвольного разрушения металлов, чем, например, величина относительной влажности воздуха. Влияние компонентов пленки и уровень её агрессивного воздействия на процессы самопроизвольного разрушения металлов зависят, прежде всего, от показателя загрязненности окружающей атмосферы и природы этого загрязнения. В наибольшей степени агрессивное воздействие на процессы самопроизвольного разрушения металлов оказывают промышленные атмосферы. Менее агрессивное воздействие оказывает чистый и сухой атмосферный воздух.

Поскольку процесс самопроизвольного разрушения металла осуществляется в основном по механизму электрохимических реакций, то при защите металлов от коррозии нужно, в первую очередь, исходить из таких мер, которые были бы направлены на подавление этих реакций. Одной из таких мер является защита металлов от воздействия на них атмосферной влаги и осадков.

В настоящее время из веществ, состоящих из высокомолекулярных химических соединений, изготавливают разного рода детали, которые также

широко применяются и в сельскохозяйственном машиностроении. Широкое применение высокомолекулярных химических соединений улучшает внешний вид сельскохозяйственной техники, уменьшает ее массу, снижает уровень шума при работе на ней и т.д. Становится совершеннее конструктивное оформление деталей и механизмов сельскохозяйственной техники, увеличивается срок службы ее деталей, а также уменьшается трудоемкость изготовления данной техники. Замена металлов высокомолекулярными химическими соединениями при изготовлении деталей и механизмов сельскохозяйственной техники сложных конфигураций дает значительный технико-экономический эффект, так как многие детали из высокомолекулярных химических соединений могут быть получены на автоматизированных установках с минимальными отходами перерабатываемого материала.

Однако, несмотря на отмеченные выше преимущества высокомолекулярных химических соединений перед металлами, первые испытывают негативное воздействие таких факторов как температура, электромагнитное и корпускулярное излучение Солнца, поток частиц, образовавшихся во время ядерных реакций или радиоактивного потока, присутствие жидкости, особенно воды, часто в следовых количествах, кислород, агрессивные химические вещества, механические нагрузки. Такое негативное воздействие перечисленных выше факторов, действуя по отдельности, или в комплексе, вызывают в высокомолекулярных химических соединениях образование и прогрессирующее химически непоправимых превращений двух



типов. Первый тип химически непоправимых превращений – это разрушение (деструкция), которое вызывает разложение связей в основной цепочке молекул высокомолекулярных соединений. Второй тип – это структурирование, которое наоборот вызывает сшивание цепочек. Как следствие, изменения такого рода молекулярной структуры высокомолекулярных химических соединений влечет за собой изменения и в их эксплуатационных свойствах. Так, например, теряются эластичность высокомолекулярных химических соединений, способность сопротивляться деформации при внешнем воздействии, понижается степень сопротивляемости к разрушению при механических воздействиях без образования заметной пластической деформации, снижается способность противостоять разрушению под воздействием механических сил, ухудшаются диэлектрические показатели, изменяется цвет, гладкая поверхность становится шероховатой, а иногда и вовсе на ней появляется слой вещества в виде порошка. Химически непоправимые изменения свойств высокомолекулярных химических соединений во времени называют старением.

Химически непоправимые превращения, которые возникают при старении высокомолекулярных химических соединений, имеют возможность проходить по радикальному, ионному и в редких случаях по молекулярному механизмам. Радикальные процессы протекают при применении высокомолекулярных химических соединений в природных условиях, в космосе (пространство, которое окружает нашу планету Земля), при воздействии на них проникающей радиации. Ионные процессы приобретают значения в большей степени при применении высокомолекулярных химических соединений в средах, которые отличаются высокой степенью агрессивности.

Основная причина химически непоправимого изменения свойств высокомолекулярных химических соединений – это воздействие на них кислорода, которое, в частности, усиливается с увеличением температуры, например при переработке отходов высокомолекулярных химических соединений, в новые материалы и предметы. Воздействие кислорода нередко возрастает и ускоряется светом, добавками различных металлов переменной валентности, которые могут находиться в составе высокомолекулярных химических соединений в результате разрушения оборудования либо неполного извлечения ускорителя из них после завершения процесса соединения цепей молекул высокомолекулярных соединений. По типу ускорителя и базового фактора, порождающих разрушение высокомолекулярных химических соединений, выделяют следующие виды старения: 1) тепловое; 2) термоокислительное; 3) световое; 4) атмосферное (озонное); 5) радиационное; 6) механические нагрузки (устомление).

Процесс старения высокомолекулярных химических соединений находится в прямой зависимости от химического строения их цепочек. Так, например, класс высокомолекулярных химических

соединений, получаемых путём полимеризации виниловых мономеров в большей степени подвержены разрушению, а диеновые – к структурированию. В каждом случае старения высокомолекулярных химических соединений разрушение молекул высокомолекулярных соединений возникает в тот момент, когда в отдельных участках цепочки концентрируется энергия, превышающая энергию обычной связи $C - C$, энергия которой равна 264 кДж/моль. Именно такое явление и является главной причиной преобразования молекулы высокомолекулярных соединений во фрагменты молекулы высокомолекулярных соединений, содержащие свободную валентность.

Термическое разрушение – это явление, при котором происходит разложение молекул высокомолекулярных соединений под воздействием на них относительно высоких температур. При этом одна часть высокомолекулярных химических соединений повреждается с образованием коротких цепочек разного рода строения, другие с образованием мономера.

Термоокислительное разрушение – это явление, при котором происходит разложение молекул высокомолекулярных соединений при комплексном воздействии на них относительно высоких температур и кислорода. Наличие кислорода в значительной степени ослабляет устойчивость высокомолекулярных химических соединений к влиянию на них тепла.

Фотохимическое разрушение – это явление, при котором происходит разложение молекул высокомолекулярных соединений под воздействием на них света. В частности, глубокое разрушение высокомолекулярных химических соединений возникает при воздействии на них ультрафиолетового излучения в коротковолновом диапазоне спектра с длиной волны $\lambda = 0,0136-0,4$ мкм. Энергия частицы электромагнитного излучения превышает энергию обычной связи $C - C$ и не находится в зависимости от температуры. Благодаря этому фотохимическое разрушение способно протекать даже при относительно низких температурах, возрастая и ускоряясь при воздействии кислорода. Такое явление как разложение молекул высокомолекулярных соединений под влиянием света можно назвать радикально-цепным процессом, который возникает, как правило, в наружных слоях высокомолекулярных химических соединений.

Радиационное разрушение – это явление, при котором происходит разложение молекул высокомолекулярных соединений под влиянием на них α - и β -частиц, γ -лучей и нейтронов. Энергия проникающей радиации превышает энергию обычной связи $C - C$. При этом образуются кислородсодержащие молекулы, которые обладают высокой способностью к химическим взаимодействиям и достаточно нестабильны, и которые как бы «задерживаются» высокомолекулярным химическим соединением, находятся внутри него и разлагают его в течение длительного времени.

Механическое разрушение – это явление, при котором происходит разложение молекул высоко-



комолекулярных соединений под воздействием механических напряжений. Механическое разрушение возникает с того момента, когда механические напряжения превосходят энергию обычной связи С – С. Направление усилий по отдельным связям молекул высокомолекулярных соединений может быть непрерывным, что является причиной образования в них напряженных участков, которые и будут являться центрами повреждений. Образовавшиеся кислородсодержащие молекулы, которые обладают высокой способностью к химическим взаимодействиям и достаточно нестабильны, имеют способность осуществить не только процесс, обратной ионизации, но и взаимодействовать с другими молекулами высокомолекулярных соединений.

Химическое разрушение – это явление, при котором происходит разложение молекул высокомолекулярных соединений под действием химического агента. Химическое разрушение характерно для большинства гетероцепных высокомолекулярных химических соединений, содержащих в главных цепочках группы, способные к химическим взаимодействиям. Показатель степени разложения находится в зависимости от состава, структуры и количества низкомолекулярного реагента, а также и от условий его воздействия.

Поскольку химически непоправимые превращения, которые возникают при старении высокомолекулярных химических соединений, происхо-

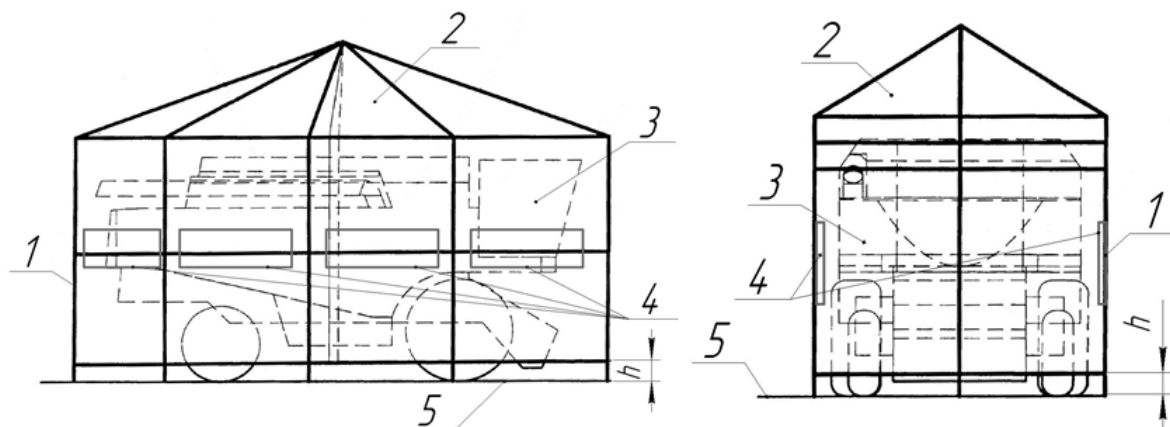
дят в большинстве случаев по механизму цепных радикальных химических взаимодействий, то при защите высокомолекулярных химических соединений от старения нужно, в первую очередь, исходить из таких мер, которые были бы направлены на подавление таких химических взаимодействий. Одной из таких мер является защита высокомолекулярных химических соединений от воздействия на них солнечной радиации.

Вопросы предупреждения коррозионного разрушения сельскохозяйственной техники и повышения ее сохранности в период длительного хранения с 1998 года являются предметом изучения в Рязанском ГАТУ. Основные результаты этой работы отражены в публикациях [5-15].

Экспериментальная часть

В Рязанском ГАТУ было разработано экспериментальное устройство для длительного хранения сельскохозяйственной техники – теплоотражающий чехол с источниками инфракрасного излучения (ТЧ-2). Целью конструктивного решения является снижение затрат на поддержание работоспособности сельскохозяйственной техники, а следовательно, обеспечение надежной сохранности данной техники от воздействия на неё разрушающих факторов окружающей среды на весь период длительного хранения.

На рисунке 3 схематически изображена конструкция экспериментального устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники.



1 – каркас; 2 – теплоотражающий чехол; 3 – изолируемый объект сельскохозяйственной техники; 4 – источники инфракрасного излучения; 5 – поверхность площадки хранения; h – зазор между поверхностью площадки хранения 5 и нижними краями чехла

Рис. 3 – Схема устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники

(1 - frame; 2 - heat-reflecting cover; 3 - isolated object of agricultural machinery; 4 - sources of infrared radiation;

5 – surface of the storage area; h is the gap between the surface of the storage platform 5 and the lower edges of the cover

Fig. 3 - Scheme of a device for long-term storage of agricultural machinery)

Экспериментальное устройство для длительного хранения сельскохозяйственной техники содержит индивидуальное хранилище, стены, и крыша которого представлены в виде теплоотражающего чехла 2, закрепленного на каркасе 1. При этом теплоотражающий чехол 2 имеет форму купола и закреплен на металлическом каркасе 1 с зазором h между поверхностью площадки хранения 5 и нижними краями чехла. Внутри индивидуального хранилища помещен изолируемый

объект сельскохозяйственной техники 3. Изолируемый объект сельскохозяйственной техники 3 помещен внутри индивидуального хранилища таким образом, чтобы между внутренней поверхностью теплоотражающего чехла 2 и самим изолируемым объектом сельскохозяйственной техники 3 образовывалась воздушная прослойка. Кроме того, внутри индивидуального хранилища установлены источники инфракрасного излучения 4, создающие поток ИК-излучения в средневол-



новом диапазоне невидимой области спектра с длиной волны $\lambda = 5-25$ мкм. Источники инфракрасного излучения 4 направлены в сторону изолируемого объекта сельскохозяйственной техники 3.

Каркас 1 выполнен из профилей, а именно направляющего ПН 2 50х40 и перегородочного стоечного ПС 2 50х50. Формирование же каркаса осуществляется специальными крепежными изделиями, обеспечивающими надежное соединение и фиксацию его элементов.

Технология изготовления теплоотражающего чехла предусматривает комбинирование вспененного полиэтилена с алюминиевой пленкой. Общая толщина данного материала составляет примерно 3 мм. Фольгированная изоляция отражает тепловое излучение, возвращая его обратно к источнику. Кроме того, данный материал не пропускает влагу внутрь индивидуального хранилища, т.е. в достаточной степени надежно защищает изолируемый объект сельскохозяйственной техники 3 от попадания на него дождя, мороси, снега, мокрого снега и т.д.

Положительный результат при использовании экспериментального устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники достигается следующим образом. Во время хранения изолируемого объекта сельскохозяйственной техники 3 при перепаде температур и повышении влажности воздуха окружающей среды включают источники инфракрасного излучения 4, которые создают поток ИК-излучения в средневолновом диапазоне невидимой области спектра с длиной волны $\lambda = 5-25$ мкм. Энергия излучения, переносимая оптически излучением на внутреннюю поверхность теплоотражающего чехла 2 и поверхность деталей и механизмов изолируемого объекта сельскохозяйственной техники 3, в пределах видимости, воспринимается ими и, обращаясь в тепловую энергию, их нагревает. Далее нагретые поверхности отдают свое тепло воздуху внутри индивидуального хранилища, и наступает следующий физический процесс – конвекция, при котором происходит передача тепловой энергии посредством потоков воздуха. При этом общий объем воздуха внутри индивидуального хранилища увеличивается и через зазор h , между поверхностью площадки хранения 5 и нижними краями чехла, начинает вытеснять холодный и влажный воздух из внутреннего объема хранилища. Это исключает образования конденсата, как на внутренней поверхности теплоотражающего чехла 2, так и на поверхности деталей и механизмов изолируемого объекта сельскохозяйственной техники 3.

Способ применения источников инфракрасного излучения, создающих поток ИК-излучения в средневолновом диапазоне невидимой области спектра с длиной волны $\lambda = 5-25$ мкм позволяет добиться более равномерного нагрева внутренней поверхности теплоотражающего чехла 2 и поверхности деталей и механизмов изолируемого объекта сельскохозяйственной техники 3, чем при использовании приборов конвективного типа – конвекторов. Кроме того, обогрев внутренней

поверхности теплоотражающего чехла 2 и поверхности деталей и механизмов изолируемого объекта сельскохозяйственной техники 3 возможен без обогрева общего объема воздуха внутри хранилища. Такая возможность открывается благодаря тому, что воздух является оптически прозрачной средой. При этом «ощущение избыточного тепла» от источников инфракрасного излучения 4 обнаруживается сразу после их включения. Это опять таки дает возможность предварительно не обогревать общий объем воздуха внутри хранилища.

Таким образом, данное экспериментальное устройство для длительного хранения сельскохозяйственной техники обеспечит надежную защиту изолируемого объекта сельскохозяйственной техники 3 от воздействия на него природных условий на поверхности Земли.

Результаты

Для подтверждения теоретических изысканий были проведены предварительные испытания экспериментального устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники. Испытания проводились в ООО «Рязская МТС» Рязского района Рязанской области. В качестве объекта исследования нами использовались сеялки зернотуковые СЗ-3,6 в количестве 4 единиц, процесс хранения которых осуществлялся следующим образом: одна единица сельскохозяйственной техники под навесом, одна единица сельскохозяйственной техники в закрытом помещении, одна единица сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом (ТЧ-1) и одна единица сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом с источниками инфракрасного излучения (ТЧ-2). Следует отметить, что способ хранения сельскохозяйственной техники на открытой площадке в данном экспериментальном исследовании не рассматривается, так как ранее проведенные исследования позволяют констатировать некорректность сравнения данного способа с рассматриваемыми.

В ходе проведения экспериментальных исследований было установлено, что потери металла за весь период хранения одной единицы изолируемого объекта сельскохозяйственной техники в закрытом помещении проявляются в меньшей степени и составляют примерно 20 г/м², чем при хранении одной единицы такого же типа изолируемого объекта сельскохозяйственной техники под навесом или под теплоотражающим чехлом (ТЧ-1), которые составляют 123 г/м² и 29 г/м² соответственно. Потери металла одной единицы изолируемого объекта сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом с источниками инфракрасного излучения (ТЧ-2) составили примерно 23 г/м².

Для измерения величин коррозионного разрушения металла был использован метод оценки по потере веса металла. Показатели интенсивности коррозионного разрушения металла в период длительного хранения представлены на рисунке 4.

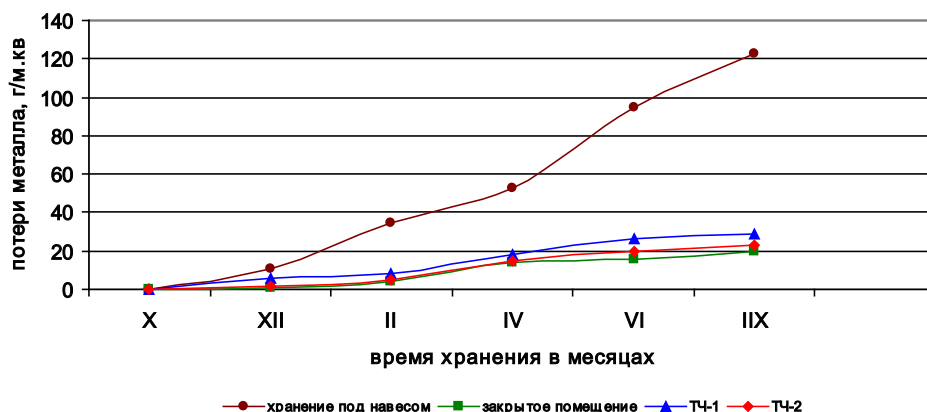


Рис. 4 – Интенсивность коррозионного разрушения металла в период длительного хранения
(Fig.4 – Intensity of metal corrosion destruction during long-term storage)

В ходе проведения экспериментальных исследований была произведена оценка материальных затрат и трудовых ресурсов на подготовку и содержание одной единицы сеялки зернотуковой СЗ-3,6 при различных способах ее хранения (табл.).

Таблица – Показатели материальных затрат и трудовых ресурсов на подготовку и содержание одной единицы сеялки зернотуковой СЗ-3,6 при различных способах ее хранения

Способ хранения	Трудоемкость работ по подготовке объекта техники к хранению, чел. ч	Материальные затраты на подготовку и хранение объекта техники, руб.
Хранение под навесом	2,065	2539,05
Закрытое помещение	1,24	1738,74
Теплоотражающий чехол (ТЧ-1)	1,26	1688,52
Теплоотражающий чехол с источниками инфракрасного излучения (ТЧ-2)	1,25	1661,93

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили, что потери металла за весь период хранения одной единицы изолируемого объекта сельскохозяйственной техники в закрытом помещении проявляются в меньшей степени и составляют примерно 20 г/м², чем при хранении одной единицы такого же типа изолируемого объекта сельскохозяйственной техники под навесом или под теплоотражающим чехлом (ТЧ-1), которые составляют 123 г/м² и 29 г/м² соответственно. Потери металла одной единицы изолируемого объекта сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом с источниками инфракрасного излучения (ТЧ-2) составили примерно 23 г/м², что сопоставимо с закрытым способом хранения. Следовательно, мы можем констатировать, что применение предлагаемого способа хранения техники позволяет достичь положительного результата в снижении коррозионных потерь металла несущих конструкций сельскохозяйственной техники, что обеспечит повышение ее эксплуатационной надежности.

Оценка материальных затрат и трудовых ресурсов на подготовку и содержание одной единицы изолируемого объекта сельскохозяйственной

техники, в частности сеялки зернотуковой СЗ-3,6, показывает, что трудоемкость работ по подготовке данного объекта сельскохозяйственной техники под навесом выше, чем при способе хранения такого же типа объекта сельскохозяйственной техники в закрытом помещении. Причина этому – дополнительные материальные затраты и трудовые ресурсы на подготовку и содержание изолируемого объекта сельскохозяйственной техники, а именно консервация, герметизация, демонтаж и монтаж отдельных элементов данного объекта сельскохозяйственной техники, требующих складского хранения. Причем затраты на восстановление работоспособности отдельных элементов изолируемого объекта сельскохозяйственной техники в целом после снятия его с хранения также увеличиваются.

В то же время трудоемкость и объем работ по подготовке одной единицы изолируемого объекта сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом (ТЧ-1), практически такие же, как и при способе хранения одной единицы такого же типа изолируемого объекта сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом с источниками инфракрасного излучения (ТЧ-2). Однако, как



показывают экспериментальные исследования, сохранность изолируемого объекта сельскохозяйственной техники во втором случае возрастает.

Вместе с тем материальные затраты на подготовку и содержание одной единицы изолируемого объекта сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом с источниками инфракрасного излучения (ТЧ-2) ниже, чем при других способах хранения одной единицы такого же типа изолируемого объекта сельскохозяйственной техники.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что применение экспериментально-го устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники позволяет обеспечить те оптимальные условия хранения техники, которые требуются для ее реальной сохранности. Так, например, такой способ хранения не требует больших вложений на оборудование отдельного участка открытой площадки под место хранения техники. Дополнительные материальные затраты и трудовые ресурсы на подготовку и содержание изолируемого объекта техники не требуются. При этом общие затраты на подготовку и содержание одной единицы изолируемого объекта сельскохозяйственной техники под теплоотражающим чехлом с источниками инфракрасного излучения (ТЧ-2) сравнимы со способом хранения одной единицы такого же типа изолируемого объекта сельскохозяйственной техники в закрытом помещении и составляют – 1661,93 руб.

Таким образом, устройство для длительного хранения сельскохозяйственной техники может быть рекомендовано организациям, например, имеющим статус субъекта малого или среднего предпринимательства, которые не располагают в достаточной степени материально-техническими и трудовыми ресурсами необходимыми для выполнения строительных работ при возведении объектов капитального строительства, предназначенных для длительного хранения сельскохозяйственной техники.

Список источников

1. Централизованное техническое обслуживание сельскохозяйственной техники в межсезонный период / А.В. Шемякин, М.Б. Латышенко, Е.Ю. Шемякина, Е.М. Астахова // Механизация и электрификация. – № 7. – М., 2009. – С. 16-17. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13022162>
2. Латышенко, М.Б. Тепловое укрытие для хранения сельскохозяйственных машин на открытых площадках / М.Б. Латышенко, А.В. Шемякин, С.П. Соловьёва // Вестник РГАТУ. - 2012. - № 4(16). - С.93-94. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18362630&ysclid=lb7wkaqo4x681781055>
3. Изменение состояния сельскохозяйственной техники в период хранения / А.В. Шемякин, В.Н. Володин, Е.Ю. Шемякина, К.П. Андреев // Сб. науч. тр. профессорско-преподавательского состава Рязанского государственного агротехнологического университета – Рязань, 2008. – С. 356-358. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21264447&ysclid=lb7wo0ugsj995207623>
4. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии / С.Н. Борычев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, И.А. Киселев // Международный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 90–94. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32490393&ysclid=lb7wqi09y663807515>
5. Шемякин, А.В. Оценка качества хранения сельхозтехники / А.В. Шемякин, Е.Ю. Шемякина // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 11. – С. 2-3. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?issueid=534017&ysclid=lb7ws2vvvk952410604>
6. Морозова, Н.М. Принципы организации выполнения работ по проведению подготовки и хранению зерноуборочных комбайнов / Н.М. Морозова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования : сб. науч. тр. – СПб., 2013. - С. 355-358. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20993868&ysclid=lb7wtxd07w172282065>
7. Шемякин, А.В. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств: автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Мичуринск, 2014. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24743449&ysclid=lb7ww7xbga925940790>
8. Повышение сохранности резинотехнических изделий сельскохозяйственной техники / Т.В. Мелькумова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин, К.П. Андреев // Сельский механизатор – 2018. – № 2. – С. 36-37. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32420791&ysclid=lb7wxdkbwz493280260>
9. Пат. № 2601349 Российская Федерация, МПК E04H6/08; E04H5/08. Способ хранения сельскохозяйственной техники / Шемякин А.В., Костенко М.Ю., Латышенко М.Б., Терентьев В.В., Костенко Н.А., Винник Г.Н., Голиков А.А; патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. - № 2015129727/03; заявл. 20.07.2015; опубл. 10.11.2016 бюл. № 31. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2601349C1_20161110?ysclid=lb7wzjiin4809664600
10. Совершенствование технологии хранения сельскохозяйственной техники / К.П. Андреев, К.А. Забара, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. – № 7. – С. 32-38. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43158042&ysclid=lb7x0frpo2459200761>
11. Перспективное решение для повышения сохранности сельскохозяйственной техники при хранении / К.А. Забара, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев // Вестник РГАТУ. – 2021. – № 1. – С. 120-128. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46123232&ysclid=lb7x24dgft876375401>
12. Zabara, K., Shpak, A., Shemyakin, A., et al. (2020). Prevention of corrosion fracture of agricultural equipment during storage. E3S Web of Conferences. 164. 06002. DOI: 10.1051/e3sconf/202016406002.
13. Terentjev, V., Zabara, K., Shemyakin, A., Andreev, K. (2022) Advanced solution for improving safety of agricultural machinery during storage. Smart innovation, systems and technologies. 247. 403414. DOI: 10.1007/978-981-16-3844-2_37.
14. Андреев, К.П. Подготовка сельскохозяйственной техники к хранению / К.П. Андреев, В.В.



Терентьев, А.В. Шемякин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 9. – С. 36-39 DOI: 10.31044/1684-2561-2018-0-9-36-39

15. Развитие системы межсезонного хранения сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств / Н.В. Бышов, С.Н. Бoryчев, Г.Д. Кокорев и др. – Рязань, 2016. – 112 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26580500&ysclid>

=lb7x3intu6248891099

16. Перспективы организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в сельском хозяйстве / Н.В. Бышов, С.Н. Бoryчев, Г.Д. Кокорев и др. – Рязань, 2016. – 95 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26600573&ysclid=lb7x4s3zuf575169110>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Tsentralizovannoye tekhnicheskoye obsluzhivaniye sel'skokhozyaystvennoy tekhniki v mezhsezonnyy period / A.V. Shemyakin, M.B. Latyshenok, Ye.Yu. Shemyakina, Ye.M. Astakhova // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya. – № 7. – М., 2009. – С. 16-17. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13022162>
2. Latyshenok, M.B. Teplovoye ukrytiye dlya khraneniya sel'skokhozyaystvennykh mashin na otkrytykh ploshchadkakh / M.B. Latyshenok, A.V. Shemyakin, S.P. Solov'yova // Vestnik RGATU. - 2012. - № 4 (16). - С. 93-94. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18362630&ysclid=lb7wkaqo4x681781055>
3. Izmeneniye sostoyaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki v period khraneniya / A.V. Shemyakin, V.N. Volodin, Ye.YU. Shemyakina, K.P. Andreyev // Sb. nauch. tr. professorsko-prepodavatel'skogo sostava Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta – Ryazan', 2008. – С. 356-358. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21264447&ysclid=lb7wo0ugsj995207623>
4. Zashchita sel'skokhozyaystvennoy tekhniki ot korrozii / S.N. Borychev, A.V. Shemyakin, V.V. Terent'yev, I.A. Kiselev // Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. – 2017. – № 2. – С. 90–94. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32490393&ysclid=lb7wqi09y663807515>
5. Shemyakin, A.V. Otsenka kachestva khraneniya sel'khoztekhniki / A.V. Shemyakin, Ye.YU. Shemyakina // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. – 2008. – № 11. – С. 2-3. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?issueid=534017&ysclid=lb7ws2vvvk952410604>
6. Morozova, N.M. Printsipy organizatsii vypolneniya rabot po provedeniyu podgotovki i khraneniyu zernouborochnykh kombaynov / N.M. Morozova, V.V. Terent'yev, A.V. Shemyakin // Nauchnoye obespecheniye razvitiya APK v usloviyakh reformirovaniya : sb. nauch. tr. – SPb., 2013. - С. 355-358. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20993868&ysclid=lb7wtxd07w172282065>
7. Shemyakin, A.V. Sovershenstvovaniye organizatsii rabot, svyazannykh s khraneniem sel'skokhozyaystvennykh mashin v usloviyakh malykh i fermerskikh khozyaystv: avtoref. diss. d-ra tekhn. nauk. – Michurinsk, 2014. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24743449&ysclid=lb7ww7xbga925940790>
8. Povysheniye sokhrannosti rezinotekhnicheskikh izdeliy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki / T.V. Mel'kumova, V.V. Terent'yev, A.V. Shemyakin, K.P. Andreyev // Sel'skiy mekhanizator – 2018. – № 2. – С. 36-37. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32420791&ysclid=lb7wxdkbwz493280260>
9. Pat. № 2601349 Rossiyskaya Federatsiya, MPK E04H6/08; E04H5/08. Sposob khraneniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki / Shemyakin A.V., Kostenko M.YU., Latyshenok M.B., Terent'yev V.V., Kostenko N.A., Vinnik G.N., Golikov A.A.; patentoobladatel' FGBOU VPO RGATU. - № 2015129727/03; yayavl. 20.07.2015; opubl. 10.11.2016 byul. № 31. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2601349C1_20161110?ysclid=lb7wzjiin4809664600
10. Sovershenstvovaniye tekhnologii khraneniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki / K.P. Andreyev, K.A. Zabara, V.V. Terent'yev, A.V. Shemyakin // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. – № 7. – С. 32-38. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43158042&ysclid=lb7x0frpo2459200761>
11. Perspektivnoye resheniye dlya povysheniya sokhrannosti sel'skokhozyaystvennoy tekhniki pri khranении / K.A. Zabara, A.V. Shemyakin, V.V. Terent'yev, K.P. Andreyev // Vestnik RGATU. – 2021. – № 1. – С. 120-128. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46123232&ysclid=lb7x24dgft876375401>
12. Zabara, K., Shpak, A., Shemyakin, A., et al. (2020). Prevention of corrosion fracture of agricultural equipment during storage. E3S Web of Conferences. 164. 06002. DOI: 10.1051/e3sconf/202016406002.
13. Terent'yev, V., Zabara, K., Shemyakin, A., Andreev, K. (2022) Advanced solution for improving safety of agricultural machinery during storage. Smart innovation, systems and technologies. 247. 403414. DOI: 10.1007/978-981-16-3844-2_37.
14. Andreyev, K.P. Podgotovka sel'skokhozyaystvennoy tekhniki k khraneniyu / K.P. Andreyev, V.V. Terent'yev, A.V. Shemyakin // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 9. – С. 36-39 DOI: 10.31044/1684-2561-2018-0-9-36-39
15. Razvitiye sistemy mezhsezonnogo khraneniya sel'skokhozyaystvennykh mashin v usloviyakh malykh i fermerskikh khozyaystv / N.V. Byshov, S.N. Borychev, G.D. Kokorev i dr. – Ryazan', 2016. – 112 s. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26580500&ysclid=lb7x3intu6248891099>
16. Perspektivy organizatsii rabot, svyazannykh s khraneniem sel'skokhozyaystvennykh mashin v



sel'skom khozyaystve / N.V. Byshov, S.N. Borychev, G.D. Kokorev i dr. – Ryazan', 2016. – 95 s. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26600573&ysclid=lb7x4s3zuf575169110>

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Забара Константин Александрович, ст. преп. кафедры гуманитарных дисциплин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, zabara78@yandex.ru

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

Терентьев Вячеслав Викторович, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, vvt62ryazan@yandex.ru

Киселев Виталий Александрович, аспирант кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, oap.kafedra@yandex.ru

Author Information

Zabara Konstantin A., Senior Lecturer, Department of the Humanities, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, zabara78@yandex.ru

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

Terentyev Vyacheslav V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, vvt62ryazan@yandex.ru

Kiselev Vitaliy A., Postgraduate Student, Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, oap.kafedra@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 07.11.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 07.11.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 621.362

DOI: 10.36508/RSATU.2022.88.67.019

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕТОД КАК ОДИН ИЗ ИНСТРУМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Анатолий Яковлевич Ключков¹ ✉, Татьяна Анатольевна Левина², Владимир Васильевич Мартишкин³, Яков Михайлович Глухих⁴

¹Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия

^{2,3,4}Московский политехнический университет, г.Москва, Россия

¹aklochkov@mail.ru

²t.a.levina@mospolytech.ru

³vmartishkin@mail.ru

⁴pleerundead@gmail.ru

Аннотация.

Проблемы и цель. Как известно, функциональный анализ (ФА) используют для выявления недостатков в технических системах, как в части функционирования отдельных элементов, так и технического объекта (ТО) в целом, что очень актуально и для сельскохозяйственных технических систем. Использование по назначению сельскохозяйственного изделия обеспечивается деталями и сборочными единицами, которые обладают различными свойствами, т.е. параметрами. Параметры все разноразмерные, поэтому для получения комплексного или обобщенного показателя качества изделия необходимо параметры деталей привести к безразмерной форме. Безразмерные значения параметров получают с помощью дифференциального метода.

Материалы и методы. В соответствии с методикой определения и применения интегральных показателей качества промышленной продукции при проведении ФА осуществляют сравнение выявленных реальных функций с идеальными (проектируемыми) функциями. Если реальные функции недостаточно соответствуют идеальным функциям, производят корректировку реальных функций с целью приближения их функциональностей к идеальным. В статье описан дифференциальный метод определения сравнительных характеристик применительно для сельскохозяйственных технических систем. Пример использования дифференциального метода показан на основе функционального анализа электростанций различных типов для нужд сельского хозяйства.

Результаты. Для полноценного осуществления всех видов анализа необходимо определять качества деталей и сборочных единиц. Показатели качества определяют с помощью дифференциального метода. С помощью этого метода получают так называемые дифференциальные оценки, которые представляют собой уровни качества единичных показателей оцениваемого изделия относительно базового: Исходя из описанного метода, условный обобщенный показатель качества для сельскохозяйственных нужд базовой электростанции при этом равен сумме единичных показателей электростанций участвующих при определении уровня качества. Функциональный анализ электростанций с использованием дифференциального метода, показал, что на территории РФ альтернативные электростанции солнечные и ветровые малоприменимы, особенно для сельского хозяйства в том числе из-за сложных погодных условий в РФ.

Заключение. Необходимо применять следующие методы анализа сельскохозяйственных технических систем: функциональный анализ для выявления ненужных функций и оптимизации полезных функций; функционально-физический анализ (ФФА) – для определения соответствия выявленных функций физическому принципу получения требуемого технического эффекта от использования изделия; функционально-стоимостный анализ (ФСА) – для определения соответствия значимости достигаемого технического эффекта выявленным функциям и стоимости их реализации. В работе представлены технико-экономические параметры разных электростанций, и приведено описание позитивных признаков и ограничений, снижающих эффективность использования в сельском хозяйстве некоторых типов электростанций. Представлен алгоритм определения относительной себестоимости 1 кВт.ч сравниваемых электростанций дифференциальным методом. Получено также, что самыми надежными и эффективными методами получения электроэнергии (после атомных и гидроэлектростанций) являются традиционные тепловые электростанции, использующие в виде топлива природный или сжиженный газ (СПГ).



Ключевые слова: функциональный анализ, дифференциальный метод, технические системы

Для цитирования: Клочков А.Я., Левина Т.А., Мартишкин В.В., Глухих Я.М. Дифференциальный метод как один из инструментов функционального анализа сельскохозяйственных технических систем // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С.145-153 <https://dji.org/10.36508/RSATU.2022.88.67.019>

TECHNICAL SCIENCES

Original article

DIFFERENTIAL METHOD AS ONE OF THE TOOLS FOR FUNCTIONAL ANALYSIS OF AGRICULTURAL TECHNICAL SYSTEMS

Anatoly Ya. Klochkov ¹✉, **Tatyana A. Levina** ², **Vladimir V. Martishkin** ³, **Yakov M. Glukhikh** ⁴

¹ Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

^{2,3,4} Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

¹aklochkov@mail.ru

²t.a.levina@mospolytech.ru

³vmartishkin@mail.ru

⁴pleerundead@gmail.ru

Abstract.

Problems and purpose. As you know, functional analysis (FA) is used to identify shortcomings in technical systems, both in terms of the functioning of individual elements and the technical object (TO) as a whole, which is very important for agricultural technical systems. The intended use of an agricultural product is provided by parts and assembly units that have different properties, i.e. parameters. The parameters are all of different sizes, therefore, in order to obtain a complex or generalized indicator of the quality of the product, it is necessary to bring the parameters of the parts to a dimensionless form. Dimensionless parameter values are obtained using the differential method.

Materials and methods. In accordance with the methodology for determining and applying integral indicators of the quality of industrial products, when conducting FA, the identified real functions are compared with ideal (projected) functions. If the real functions do not sufficiently correspond to the ideal functions, the real functions are corrected in order to bring their functionalities closer to the ideal ones. The article describes a differential method for determining comparative characteristics in relation to agricultural technical systems. An example of using the differential method is shown on the basis of a functional analysis of power plants of various types for the needs of agriculture.

Results. For the full implementation of all types of analysis, it is necessary to determine the quality of parts and assembly units. Quality indicators are determined using a differential method. With the help of this method, the so-called differential estimates are obtained, which are the quality levels of the unit indicators of the product being evaluated relative to the base one: quality level. A functional analysis of power plants using the differential method showed that alternative solar and wind power plants are of little use on the territory of the Russian Federation, especially for agriculture, including due to difficult weather conditions in the Russian Federation.

Conclusion. It is necessary to apply the following methods of analysis of agricultural technical systems: this is a functional analysis to identify unnecessary functions and optimize useful functions; product; - functional cost analysis (FCA) to determine whether the significance of the achieved technical effect corresponds to the identified functions and the cost of their implementation. The paper presents the technical and economic parameters of various power plants, and describes the positive signs and limitations that reduce the efficiency of using some types of power plants in agriculture. An algorithm for determining the relative cost of 1 kWh of compared power plants by the differential method is presented. It has also been found that the most reliable and efficient methods of generating electricity (after nuclear and hydroelectric power plants) are traditional thermal power plants using natural or liquefied gas (LNG) as fuel.

Key words: functional analysis, differential method, technical systems

For citation: Klochkov A.Ya., Levina T.A., Martishkin V.V., Glukhikh Ya.M. Differential method as one of the tools for functional analysis of agricultural technical systems // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. T14, №4. С. 145-153 <https://dji.org/10.36508/RSATU.2022.88.67.019>

Введение

Электроснабжение сельскохозяйственной отрасли является одним из основных сельскохозяйственных направлений, которое обеспечивается в различных климатических регионах и на различных объектах. В настоящее время электроэнерги-

ей необходимо обеспечивать производственную и социальную жизнедеятельность сельского хозяйства как в легкодоступных районах с инфраструктурами, обеспеченными энергетическими мощностями вблизи сельских хозяйств с равными возможностями, так и в тяжело доступных для



производства электроэнергии районах. Основным способом производства электроэнергии для сельскохозяйственных нужд является использование местных и удаленных природных ресурсов для преобразования их в электрическую энергию, обеспечивающую потребности производства и реализацию сельскохозяйственных продуктов, не нарушая цикл его воспроизводства. Электроэнергия поступает на различные здания и сооружения, а также механизмы, обрабатывающие машины и автоматизированные производства. В сельских хозяйствах, легкодоступных для энергоподводящих мощностей, потребление и преобразование электроэнергии не вызывает трудностей.

Однако при использовании электрической энергии в уборке и переработке урожая могут образовываться финансовые затраты, соизмеримые по своим размерам с ценой реализуемой сельскохозяйственной продукции. В этом случае требуется проведение функционального анализа технических систем с использованием дополнительных ресурсов, оборудования, анализа стоимости производства киловатт-часа и потребляемой электрической мощности, что приводит к дополнительным трудозатратам и увеличению себестоимости сельскохозяйственной продукции. Таким образом, актуально в настоящее время разрабатывать методы и инструменты функционального анализа (ФА) для выявления недостатков в сельскохозяйственных технических системах. В данной работе мы применили функциональный анализ для выбора типа электрогенерирующей мощности для технических сельскохозяйственных систем.

Как известно [1-11], функциональный анализ используют для выявления недостатков в технических системах [1-3], как в части функционирования отдельных элементов [4-6], так и технического объекта в целом [7-9], что очень актуально и для сельскохозяйственных технических систем [8,10]. При обнаружении недостатков разрабатывают мероприятия [11] по их устранению. ФА начинают с определения:

- функций, осуществляемых деталями или сборочными единицами;
- объектов, на которые направлены действия конкретных деталей или сборочных единиц;
- внешней обстановки, при которой изделие выполняет свои функции.

При проведении ФА осуществляют сравнение выявленных реальных функций с идеальными (проектируемыми) функциями [1,7,9]. Если реальные функции недостаточно соответствуют идеальным функциям, производят корректировку [10,11] реальных функций с целью приближения их функциональности к идеальным.

Использование по назначению изделия обеспечивается деталями и сборочными единицами, которые обладают различными свойствами, т.е. параметрами. Параметры все разноразмерные, поэтому для получения комплексного или обобщенного показателя качества изделия необходимо параметры деталей привести к безразмерной форме. Безразмерные значения параметров получают с помощью дифференциального метода.

С помощью этого метода получают так называемые дифференциальные оценки, которые представляют собой уровни качества единичных показателей оцениваемого изделия относительно базового:

$$y_i = \frac{q_{i.оц.}}{q_{i.баз.}} \quad (1)$$

где $q_{i.оц.}$ – значение i -го единичного показателя качества оцениваемой продукции;

$q_{i.баз.}$ – значение i -го единичного показателя качества базовой продукции;

i – количество единичных оцениваемых показателей качества.

Обобщенный показатель качества оцениваемого технического изделия $Q_{оц.}$ определяют по формуле:

$$Q_{оц.} = \sum_{i=1}^n \frac{q_{i.оц.}}{q_{i.баз.}} = \sum_{i=1}^n y_i \quad (2)$$

где n – количество уровней показателей качества изделия (дифференциальных оценок).

Краткая характеристика электростанций с точки зрения их эффективности

Возможность использования дифференциального метода мы показываем на примере функционального анализа электростанций различных типов, т.е. имеющих разные физические принципы получения готового продукта – электроэнергии.

В таблице 1 представлены технико-экономические параметры разных электростанций, а в таблице 2 приведено описание позитивных признаков и ограничений, снижающих эффективность использования некоторых типов электростанций.

Параметры и характеристики электростанций заимствованы из [1,3,4,5].

К известным параметрам мы добавили (отсутствующие в литературе по электростанциям) еще очень важный параметр – вероятность снижения эффективности работы электростанций (риск в процентах) в зависимости от погодных условий (резкие изменения состояния атмосферы, снижение интенсивности солнечной активности, ветра и пр.) (табл. 1).

Наличие солнечной энергии и энергии ветра существенно и объективно, но содержит значительный элемент случайности, связанный с изменением погодных условий (возможность возникновения безветренной погоды и снижения солнечной активности). Поэтому самой большой вероятностью негативного влияния погодных условий обладают так называемые альтернативные типы электростанций: солнечные (СЭС) и ветряные (ВЭС) – ≈50%.

К положительным свойствам альтернативных станций относят их популярность в Европе и в Америке и экологическая чистота. Эксплуатационные затраты по использованию таких электростанций не содержат топливной углеродной составляющей, поэтому некоторые считают, что получаемая электроэнергия от таких электростанций бесплатная. Однако «бесплатность» такой электроэнергии нейтрализуется большими расходами на приобретение, монтаж и эксплуатацию соответствующего оборудования.



К отрицательным свойствам относят низкую удельную мощность, нестабильность выработки электроэнергии во времени, большая материалоемкость, большие удельные капиталовложения по сравнению с традиционными тепловыми электростанциями.

Самыми эффективными и рентабельными в РФ считаются гидроэлектростанции (ГРЭС), так как они не используют углеродных теплоносителей, энергию солнца и ветра, а также обладают самой низкой стоимостью 1 кВт электрической энергии – 1 кВт стоит 1,5 цента US (американского доллара).

Но даже и ГРЭС обладают определенной веро-

ятностью негативного влияния погодных условий на эффективность работы электростанций. Вероятность негативного влияния погодных условий на работу ГРЭС нами оценивается $\approx 10\%$, что связано со сменой времен года и с непредвиденными негативными атмосферными явлениями типа смерчей, наводнений или засухи. На все остальные типы тепловых электростанций внешние погодные условия практически не влияют, но идеальных погодных условий не существует, поэтому, по нашим оценкам, вероятность влияния погодных условий для тепловых и подобных электростанций колеблется в интервале 1-2 %.

Таблица 1 – Техничко-экономические параметры различных электростанций

Наименование электростанций	Возможные риски в зависимости от изменений климатических условий, %	Физический принцип получения электроэнергии	КПД средние значения, %	Относительная (безразмерная) стоимость электроэнергии	Себестоимость 1 кВт.ч., цент US	Удельные кап. вложения, долл. US кВт	Номинальная тепловая мощность, Гкал/ч
Тепловые электростанции, конденсационные (КЭС)	1	Сжигание газа, мазута, угля,	34	2.1	6.0	1250	0.387
Тепловые электростанции, ТЭЦ,	1	Сжигание газа, угля, мазута	36	2.4	5.7	1250	0.380
Тепловые эл. станции газотурбинные (ГТУ)	1	Сжигание газа, угля, древесины, торфа	57	2.6	5.7	1257	0.34
Тепловые электростанции парогазовые (ПГЭ)	1	Сжигание природного газа	32	1.4	5.4	1248	0.39
Тепловые электростанции на жидком топливе	1	Дизельное топливо	70	13	3.6	1258	0.26
Гидроэлектростанция (ГРЭС)	10	Кинетическая энергия воды	90	1	1.5	1295	2.2
Атомные электростанции (АЭС)	1	Радиоактивный распад урана	20	1.1	1.6	1822	2.0
Солнечные электростанции (СЭС)	50	Энергия солнца	13	22	15	4753	0.001
Ветряные электростанции (ВЭС)	50	Энергия ветра	15	2.1	3.6	2391	0.003



Таблица 2 – Описание параметров и признаков, характерных для электростанций различных типов

Наименование электростанций	Параметры и признаки, положительно характеризующие использование эл. станций	Технико-экономические параметры и признаки, характеризующие электростанции разных типов	Параметры и признаки, отрицательно характеризующие использование эл. станций
Тепловые электростанции станции, конденсационные (КЭС)	2 6 7	1. Минимальные затраты на перевозку топлива. 2. Возможность размещения практически в любом месте. 3. Низкая себестоимость электроэнергии. 4. Экологически чистое производство. 5. Работают на не возобновляемых ресурсах. 6. Относительно низкая стоимость строительства. 7. Не зависит от сырьевого фактора 8. Работает на возобновляемых природных ресурсах 9. Возникновение экологической катастрофы в случае аварии. 10. Проблема утилизации и захоронения отходов 11. Затопление плодородных земель и населенных пунктов. 12. Высокая стоимость и продолжительность строительства. 13. Препятствуют естественным миграциям рыб. 14. Заболочивание территорий.	5 15 16 17
Тепловые электростанции, ТЭЦ,			
Тепловые электростанции. станции газотурбинные (ГТУ)			
Тепловые электростанции парогазовые (ПГЭ)			
Тепловые электростанции на жидком топливе			
Гидроэлектростанция (ГРЭС)	3 8	15. Сильное загрязнение атмосферы. 16. Высокие расходы на транспортировку топлива. 17. Высокая себестоимость электроэнергии. 18. Возможность использования на ограниченных территориях.	11 12 13 14 19
Атомные электростанции (АЭС)	1 2,7	19. Изменяют режим рек, влияют изменение климата территории.	5 9 10
Солнечные электростанции (СЭС)	4 18	20. Небольшая мощность.	
Ветряные электростанции (ВЭС)	4 18		12 20

Применение принципов дифференциального метода для функционального анализа электростанций

В соответствии с [2] (Методика определения и применения интегральных показателей качества промышленной продукции. Издательство Стандартов, М., 1983 г), под полезным эффектом Π от эксплуатации или потребления какой либо продукции понимается выполняемая ею работа или отдача ее за срок службы:

$$\Pi = \Pi_6 + \sum_{k=1}^m \Delta \Pi_k + \sum_{j=1}^n \Delta \Pi_j \quad (3)$$

где Π_6 – годовой полезный эффект базового изделия;

$\Delta \Pi_k$ – приращение эффекта, вызываемого k -м неизмеримым показателем качества относи-

тельно базового изделия;

$\Delta \Pi_j$ – приращение эффекта, вызываемого j -м измеримым показателем качества относительно базового изделия:

$$\Delta \Pi_j = \frac{Q_j - Q_{6j}}{Q_{6j}} = \frac{\Delta Q_j}{Q_{6j}}, (i = 1, 2..n) \quad (4)$$

где: Q_j – j -й показатель качества оцениваемого изделия;

Q_{6j} – j -й показатель качества базового изделия;

$\Delta Q_j = Q_j - Q_{6j}$ – приращение j -го (или уменьшение) оцениваемого показателя качества по шкале разностей.

Без учета неизмеримых показателей формула (3) принимает вид:



$$П = П_6 + \sum_{j=1}^n \Delta П_j \quad (5)$$

Так как определяют приращение показателей качества оцениваемого изделия относительно базового, то годовой полезный эффект (или качество) изделия $П_6$ принимают равным 1, т.е. $П_6 = 1$ (или 100%).

В случае определения относительного качества (эффективности) электростанций дифференциальным методом в качестве суммарного полезного эффекта $П_6$ базовых электростанций принимают обобщенный показатель качества базовой электростанции Q_6 (например, ГРЭС):

$$Q_6 = \sum_{j=1}^n q_j,$$

где Q_6 – обобщенный показатель качества базовой электростанции;

n – количество единичных показателей электростанции, по которым определяют обобщенное качество электростанции;

q_j – единичные показатели базовой электростанции.

В соответствии с методикой [9] единичные показатели базовой электростанции принимают $q_j = 1.0$.

Исходя из описанного метода, условный обобщенный показатель качества базовой электростанции при этом равен сумме единичных показателей электростанций ($i=n$), участвующих при определении уровня качества:

$$Q_{баз.} = \sum_{i=1}^n q_{i.баз.} = n, \text{ т.к. } q_{i.баз.} = 1.0$$

Так, если у базовой электростанции имеется 5 единичных показателей, то суммарный полезный эффект (качество) базовой электростанции равен $Q_{баз.} = 5$; если 6, то $Q_{баз.} = 6$ и т.д.

Качество оцениваемых (сравниваемых) электростанций $Q_{оц.}$ определяют по формуле:

$$Q_{оц.} = \sum_{j=1}^n y_j$$

где $y_j = \frac{q_{j.оц.}}{q_{j.баз.}}$, ($j = 1, 2 \dots n$) – дифференциаль

ные оценки, т.е. приращение (или уменьшение) единичного показателя качества оцениваемой электростанции относительно базовой;

$q_{j.оц.}$ – значение единичного показателя оцениваемой электростанции;

$q_{j.баз.}$ – значение единичного показателя базовой электростанции.

С помощью дифференциального метода (при необходимости) можно определить уровень качества любой электростанции относительно базовой:

$$y_{\text{диф.}} = \frac{Q_{оц.}}{Q_{баз.}}$$

где $Q_{оц.}$ и $Q_{баз.}$ – показатели качества оцениваемой и базовой электростанций.

При этом получают три возможные оценки уровня качества:

$y_{\text{диф.}} < 1,0$ – оцениваемая электростанция ниже базовой по эффективности;

$y_{\text{диф.}} = 1,0$ – оцениваемая электростанция соответствует по эффективности базовой;

$y_{\text{диф.}} > 1,0$ – оцениваемая электростанция по эффективности выше базовой.

С помощью дифференциального метода можно также получить интегральные оценки эффективности электростанций.

В этом случае кроме единичных показателей технического содержания используют и экономические показатели электростанций. Уровень эффективности электростанций по интегральному методу определяют по формуле:

$$y_{\text{инт.}} = \frac{I_{оц.}}{I_{баз.}}$$

где $I_{оц.} = \frac{Q_{оц.}}{З_{с.н} + З_{п.н}}$ – интегральный показатель

качества оцениваемой электростанции;

$I_{баз.} = \frac{Q_{баз.}}{З_{с.н} + З_{п.н}}$ – интегральный показате

ль качества базовой электростанции.

В этих формулах:

$Q_{оц.}$, $Q_{баз.}$ – показатели качества оцениваемой и базовой электростанции соответственно;

$З_{с.оц.}$, $З_{с.баз.}$ – затраты на создание оцениваемой и базовой электростанций соответственно, руб.;

$З_{п.оц.}$, $З_{п.баз.}$ – эксплуатационные расходы оцениваемой и базовой электростанций соответственно, руб.;

Пример определения относительной себестоимости 1 кВт.ч у сравниваемых электростанций дифференциальным методом

В таблице 3 представлен алгоритм определения относительной себестоимости 1 кВт.ч сравниваемых электростанций дифференциальным методом. Этот алгоритм обеспечивает реализа

цию модели получения относительной себестои

мости 1 кВт.ч электроэнергии: $y_{оц.} = \frac{1 \times q_{оц.}}{q_{баз.}}$. По

этой модели относительная себестоимость 1 кВт.ч представляет собой сумму дифференциальных оценок единичных показателей электростанций

$$\sum_{i=1}^n \frac{q_{i.оц.}}{q_{i.баз.}}.$$



Таблица 3 – Алгоритм определения относительной себестоимости 1 кВт·час сравниваемых электростанций дифференциальным методом $Y_{\text{оц.}} = \frac{1 \times q_{\text{оц.}}}{q_{\text{баз.}}}$.

Типы электростанций Технико-экономические параметры $q_{\text{баз.}}=1.0$	Гидроэлектростанция (ГРЭС) $q_{\text{г.баз.}}$	Тепловые эл. станции, конденсационные (КЭС)		Тепловые электростанции, (ТЭЦ)		Тепловые эл. станции газотурбинные (ГТУ)		Тепловые электростанции парогазовые (ПГЭ)		Тепловые электростанции на жидком топливе (ТЭЖ)		Атомные электростанции (АЭС)		Солнечные электростанции (СЭС)		Ветряные электростанции (ВЭС)	
		$q_{\text{г.оц.}}$	$y_{\text{оц.}} = \frac{q_{\text{г.оц.}}}{q_{\text{г.баз.}}}$	$q_{\text{т.оц.}}$	$y_{\text{оц.}} = \frac{q_{\text{т.оц.}}}{q_{\text{т.баз.}}}$	$q_{\text{гт.оц.}}$	$y_{\text{оц.}} = \frac{q_{\text{гт.оц.}}}{q_{\text{гт.баз.}}}$	$q_{\text{пг.оц.}}$	$y_{\text{оц.}} = \frac{q_{\text{пг.оц.}}}{q_{\text{пг.баз.}}}$	$q_{\text{тж.оц.}}$	$y_{\text{оц.}} = \frac{q_{\text{тж.оц.}}}{q_{\text{тж.баз.}}}$	$q_{\text{а.оц.}}$	$y_{\text{оц.}} = \frac{q_{\text{а.оц.}}}{q_{\text{а.баз.}}}$	$q_{\text{с.оц.}}$	$y_{\text{оц.}} = \frac{q_{\text{с.оц.}}}{q_{\text{с.баз.}}}$	$q_{\text{в.оц.}}$	$y_{\text{оц.}} = \frac{q_{\text{в.оц.}}}{q_{\text{в.баз.}}}$
Зависимость от климатич. условий, %	10 =1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	50	5	50	5
КПД - средние значения, %	90 =1	34	0.37	36	0.4	57	1.67	32	0.35	70	0.77	20	0.22	13	0.14	15	0.16
Относительн. стоимость электроэнергии	1=1	2.1	2.1	2.4	2.4	2.6	1.23	1.4	1.4	13	13	1.1	1.1	22	22	2.1	2.1
Себестоимость 1 кВт.ч., Цент US	1.5 =1	6.0	4.0	5.7	3.8	5.7	3.8	5.4	3.6	6.1	4.06	1.6	1.06	15	10	3.6	2.4
Удельные кап. вложения, долл. US кВт	1295 =1	12 50	0.96	12 50	0.96	12 57	0.97	12 48	0.96	12 58	0.97	18 22	1.4	47 53	3.67	23 91	1.84
Номинальная тепловая мощность, Гкал/ч	2.2 =1	0.38 7	0.175	0.38	0.17	0.34	0.15	0.39	0.17	0.26	0.11	2.0	0.9	0.0 01	0.004	0.003	0.001
Обобщенные относительные себестоимости 1 кВт.ч. $= \sum y_{\text{оц.}} \sum \frac{q_{\text{г.оц.}}}{q_{\text{г.баз.}}}$	6.0	7.705		7.83		7.92		7.73		19.01		4.78		41.8		11.5	

В таблице 4 представлен ранжированный ряд электростанций, составленный по мере снижения эффективности электростанций, выраженной через обобщенную относительную себестоимость 1-го кВт.ч.

Таблица 4 – Рейтинги электростанций по обобщенной относительной себестоимости 1 кВт.ч

Рейтинг электростанции	Обобщенная относительная себестоимость 1 кВт.ч	Тип электростанции	
1	4.78	Атомные электростанции (АЭС)	
2	6.0	Гидроэлектростанции (ГРЭС)	
3	7.705	Тепловые с использованием газа	Тепловые эл. станции, конденсационные (КЭС)
4	7.73		Тепловые электростанции парогазовые (ПГЭ)
5	7.83		Тепловые электростанции (ТЭЦ)
5	7.92		Тепловые эл. станции газотурбинные (ГТУ)



Продолжение таблицы 4

6	11.5	Ветряные электростанции (ВЭС)
8	19.01	Тепловые электростанции на жидком топливе (ТЭЖ)
9	41.8	Солнечные электростанции (СЭС)

Заключение и выводы

1. Методы анализа технических изделий осуществляют на проектных стадиях создания технических изделий. При этом применяют следующие методы анализа:

– функциональный анализ для выявления ненужных функций и оптимизации полезных функций;

– функционально-физический анализ для определения соответствия выявленных функций физическому принципу получения требуемого технического эффекта от использования изделия;

– функционально-стоимостный анализ для определения соответствия значимости достигаемого технического эффекта выявленным функциям и стоимости их реализации.

2. Для полноценного осуществления всех видов анализа необходимо определять качества деталей и сборочных единиц. Показатели качества определяют с помощью дифференциального метода. Как показал функциональный анализ разных типов электростанций с использованием дифференциального метода, на территории РФ альтернативные электростанции (солнечные и ветровые электростанции) малоприменимы из-за сложных погодных условий в РФ.

3. Результаты функционального анализа однозначно показали, что самыми эффективными методами получения электроэнергии (после атомных и гидроэлектростанций) являются традиционные тепловые электростанции, использующие в виде топлива природный или сжиженный газ. Поэтому широкое использование природного газа в качестве топлива для электростанций будет способствовать снижению ущерба для окружающей среды.

Список источников

1. Полищук В.И. Общая энергетика: учебное пособие / В.И. Полищук, Ю.С. Боровиков; Томский политехнический университет. -Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013.-201с.

2. Методика определения и применения ин-

тегральных показателей качества промышленной продукции. Изд. Стандартов, М., 1983г.

3. Электронный ресурс: Электростанции extxe.com

4. Электронный ресурс: Сравнительные характеристики ТЭС en.ppt-online.org

5. Электронный ресурс: Электростанции – виды, характеристики www.slideserve.com

5. Мошкин, Н. И. К вопросу о диагностировании фрикционных узлов гидромеханических трансмиссий / Н. И. Мошкин, А. В. Алексеев // Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса. Материалы I всероссийской науч.- практ. конф. с международным участием. - Магадан : Изд - во СВГУ, 2011. - С. 205 - 207.

6. Мошкин, Н. И. Моделирование рабочих процессов происходящих во фрикционных элементах управления гидромеханических трансмиссий тракторов / Н. И. Мошкин, А. В. Алексеев, В. М. Алексеев // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. - Улан-Удэ, 2012. - № 1 - С. 130 - 134.

7. Мошкин, Н. И. Разработка автоматизированной технологии и средств технического диагностирования узлов и агрегатов автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения : Дисс. доктора техн. наук: 05.20.03. / Н. И. Мошкин ; [Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства]. - Новосибирск, 2007. -420 с.

8. Михлин, В. М. Современные методы и средства технического диагностирования сельскохозяйственных машин. - Международный сельскохозяйственный журнал, 1982. - №1. - С. 55-58.

9. Мирошников, Л. В. Теоретические основы технической диагностики автомобилей : учеб. пособие. - М. : Высшая школа, 1976. - 126 с.

10. Маршрутная технология диагностирования составных частей тракторов. - М. : ГОСНИТИ, 1977. - 278 с.

11. Львовский, Е. И. Статистические методы построения эмпирических формул : Учеб. пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 1988. - 239 с.

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Polischuk V.I. General Energy: textbook / V.I. Polishchuk, Yu.S. Borovikov; Tomsk Polytechnic University. -Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2013.-201p.

2. Methodology for determining and applying integral indicators of the quality of industrial products. Ed. Standards, M., 1983.

3. Electronic resource: Power plants extxe.com

4. Electronic resource: Comparative characteristics of thermal power plants en.ppt-online.org

5. Electronic resource: Power plants - types, characteristics www.slideserve.com Contribution of the authors:

6. Moshkin, N. I. Modelirovaniye rabochikh protsessov proiskhodyashchikh vo friktsionnykh elementakh



upravleniya gidromekhanicheskikh transmissiy traktorov / N. I. Moshkin, A. V. Alekseyev, V. M. Alekseyev // Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i upravleniya. - Ulan-Ude, 2012. - № 1 - S. 130 - 134.

7. Moshkin, N. I. Razrabotka avtomatizirovannoy tekhnologii i sredstv tekhnicheskogo diagnostirovaniya uzlov i agregatov avtotransportnykh sredstv sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya : Diss. dok-tora tekhn. nauk: 05.20.03. / N. I. Moshkin ; [Sibirskiy nauchno-issledovatel'skiy institut mekhaniza-tsii i elektrifikatsii sel'skogo khozyaystva]. - Novosibirsk, 2007. -420 s.

8. Mikhlin, V. M. Sovremennyye metody i sredstva tekhnicheskogo diagnostirovaniya sel'skokhozyaystvennykh mashin. - Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal, 1982. - №1. - S. 55-58.

9. Miroshnikov, L. V. Teoreticheskiye osnovy tekhnicheskoy diagnostiki avtomobiley : ucheb. poso-biye. - M. : Vysshaya shkola, 1976. - 126 s.

10. Marshrutnaya tekhnologiya diagnostirovaniya sostavnykh chastey traktorov. - M. : GOSNITI, 1977. - 278 s.

11. L'vovskiy, Ye. I. Statisticheskiye metody postroyeniya empiricheskikh formul : Ucheb.posobiye dlya vtuzov. - M. :

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Клочков Анатолий Яковлевич, канд. техн. наук, доц. каф. «Электроснабжения», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева aklochkov@mail.ru.

Левина Татьяна Анатольевна, канд. экон. наук, зав. каф. «Стандартизация, метрология и сертификация», Московский политехнический университет t.a.levina@mospolytech.ru

Мартишкин Владимир Васильевич, канд. техн. наук, доц. каф. «Стандартизация, метрология и сертификация», государственный политехнический университет vmartishkin@mail.ru

Глухих Яков Михайлович, студент каф. «Материаловедения», Московский государственный политехнический университет, pleerundead@gmail.ru

Author Information

Klochkov Anatoly Ya., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Elektrosnabgeniya", aklochkov@mail.ru.

Levina Tatiana A., Candidate Of Economic Sciences, Head Of The Department "Standardization, Metrology And Certification", t.a.levina@mospolytech.ru

Martishkin Vladimir V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Standardization, Methodology and Certification", vmartishkin@mail.ru

Glukhikh Yakov M., student of the department of "Material Sciences", Moscow State Polytechnic University, pleerundead@gmail.ru

Статья поступила в редакцию 07.11.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 07.11.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.243.42
DOI: 10.36508/RSATU.2022.87.32.020

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УДАРНОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КЛУБНЯ С РЕМНЕМ-ГАСИТЕЛЕМ ПРИ ЗАГРУЗКЕ В КОНТЕЙНЕР**

Дмитрий Владимирович Колошеин¹✉, Лилия Александровна Маслова²

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

¹ dkoloshein@mail.ru

² maslovala@bk.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Одной из сложных задач при уборке картофеля является снижение повреждений и потерь при загрузке в контейнеры с дальнейшей транспортировкой на реализацию или для закладки на хранение в картофелехранилище. Как показывает статистика, при уборке до потребителя не доходит до 15-20 % сельскохозяйственной продукции, а при хранении убыль клубней составляет до 25 %. Цель исследований – снижение травмируемости клубней картофеля и повышение качества продукции за счет уменьшения скорости падения клубня при взаимодействии его с ремнем-гасителем, установленным на боковой стороне контейнера, предназначенного для перевозки и хранения сельскохозяйственной продукции.

Методология. Теоретические исследования по определению параметров ударного взаимодействия клубня с ремнем-гасителем при загрузке в контейнер выполнены на основе законов и методов теоретической механики и математического анализа с использованием программы MathCAD 14.0.

Результаты. Проведенные теоретические исследования позволили определить угол между направлением падения клубня и ремнем-гасителем (1: $\alpha = 15^\circ$; 2: $\alpha = 30^\circ$; 3: $\alpha = 35^\circ$; 4: $\alpha = 40^\circ$) установленным на боковой стороне контейнера. В свою очередь было получено выражение для вертикальной составляющей скорости клубня после соударения с ремнем-гасителем.

Заключение. Клубень картофеля при падении обладает энергией, пропорциональной его массе и квадрату скорости, которая зависит от ускорения. Энергия клубня гасится при его ударе о любую поверхность, в том числе и о ремень-гаситель, установленный на боковой стороне контейнера. Следует отметить, что полученные значения углов между направлением падения клубня и ремнем-гасителем в дальнейшем можно будет проверить путем проведения экспериментальных исследований, что в первую очередь даст возможность выбора оптимального значения, а в дальнейшем – сократить внутренние дефекты клубня, особенно влияющие на сохранность в картофелехранилищах.

Ключевые слова: клубни картофеля, контейнер, ударное взаимодействие, скорость соударения, ремень-гаситель, угол падения, импульс

Для цитирования: Колошеин Д.В., Маслова Л.А. Теоретические исследования определения параметров ударного взаимодействия клубня с ремнем гасителем при загрузке в контейнер // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С154-160 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.87.32.020>

TECHNICAL SCIENCES

Original article

**THEORETICAL INVESTIGATIONS OF DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF IMPACT
INTERACTION OF A TUBE WITH A BELT DAMPER, WHEN LOADED INTO A CONTAINER**

Dmitry V. Koloshein¹✉, Lilia A Maslova²

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

¹ dkoloshein@mail.ru

² maslovala@bk.ru



Abstract.

Problem and purpose. One of the most difficult tasks when harvesting potatoes is to reduce damage and losses when loading into containers with further transportation for sale or for storage in a potato storehouse. As statistics show, when harvesting, 15-20% of agricultural products do not reach the consumer, and during storage, the loss of tubers is up to 25%. The aim of the research is to reduce the injury rate of potato tubers and improve the quality of products by reducing the rate of fall of the tuber when it interacts with a belt-extinguisher installed on the side of a container intended for transportation and storage of agricultural products.

Methodology. Theoretical studies of determining the parameters of the impact interaction of a tuber with a belt extinguisher, when loaded into a container, are based on the laws and methods of theoretical mechanics and mathematical analysis using the MathCAD 14.0 program.

Conclusion. The theoretical studies carried out made it possible to determine the angle between the direction of fall of the tuber and the belt-extinguisher (1- $\alpha = 150$; 2- $\alpha = 300$; 3- $\alpha = 350$; 4- $\alpha = 400$) installed on the side of the container, in turn, an expression was obtained for the vertical component of the tuber velocity after collision with the belt-extinguisher.

Conclusion. A potato tuber, when falling, has energy proportional to its mass and the square of the velocity, which depends on acceleration. The energy of the tuber is extinguished when it hits any surface, including a belt-extinguisher mounted on the side of the container. It should be noted that the obtained values of the angles between the direction of fall of the tuber and the belt suppressor can be verified in the future by conducting experimental studies, which first of all will make it possible to choose the optimal value, which in the future will make it possible to reduce the internal defects of the tuber, especially affecting the safety in potato storages.

Key words: preplant treatment, seed tubers, potato treatment, biological products, hot fog, cold fog, potato tubers

For citation: Koloshiin D.V., Maslova L.A. Theoretical investigations of determining the parameters of impact interaction of a tube with a belt damper, when loading into a container // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022.T14, No.4. With P 154-160 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.87.32.020>

Введение

В 2022 году картофелеводство в РФ в первую очередь характеризуется расширением посевных площадей и высокой урожайностью. По прогнозу урожай картофеля составит свыше 7 млн тонн.

Основные объемы картофеля в 2022 году выращивают в Брянской, Тульской, Нижегородской, Московской и Астраханской областях [1]. Посевные площади картофеля в РФ в других регионах РФ составили 164,6 тыс. га, что составляет 54,5 % от общих площадей (рис.1). Уборка картофеля в осенний период происходит механизированным способом [1, 2, 3], что, в свою очередь, способствует росту производительности труда, но также приводит к росту механических повреждений. Это объясняется как несоответствием

сортов требованиям машинной уборки, так и несовершенством применяемой техники. Потери картофеля при уборке, погрузке, транспортировке и разгрузке достигают свыше 10 %. Опираясь на известные данные (Вережагин Н.И.), можно сказать, что механические повреждения (обдир кожуры, и потемнение мякоти) будут зависеть от температуры и влажности почвы (рис. 2 и рис. 3). В первую очередь это объясняется тем, что почва и клубень картофеля прогреваются медленнее, чем окружающий воздух. Поэтому следует производить уборку картофеля при температуре не ниже +10° С (рис. 2) и в случае холодных ночей начинать работу сельскохозяйственной техники после 10 ч дня (рис.3).

Доля регионов РФ в посевных площадях картофеля промышленного выращивания в 2022 году, %

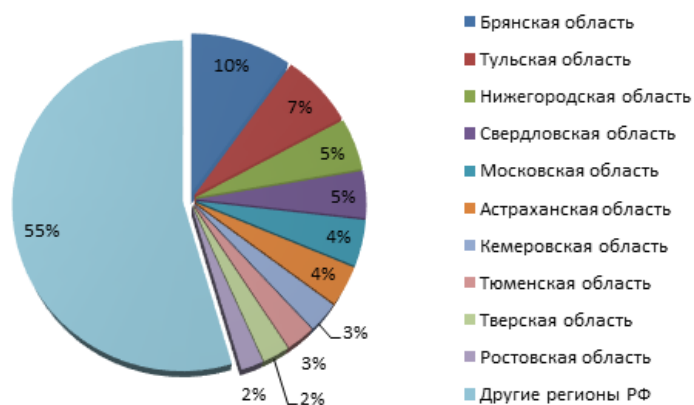


Рис. 1 – Рейтинг ТОП-10 регионов России по выращиванию картофеля в 2022 году (Fig. – 1 Rating of the TOP-10 regions of Russia in terms of growing potatoes in 2022)

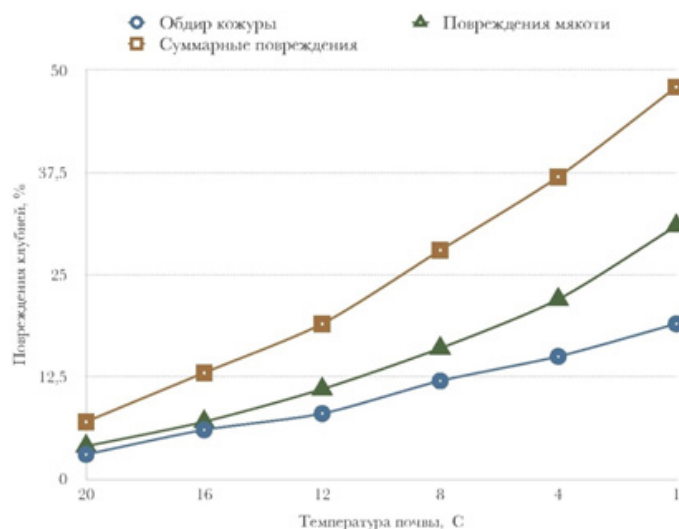


Рис. 2 – Зависимость повреждений клубней картофеля от температуры почвы (уборка комбайном)
(Fig 2.– Dependence of damage to potato tubers on soil temperature (combine harvesting))

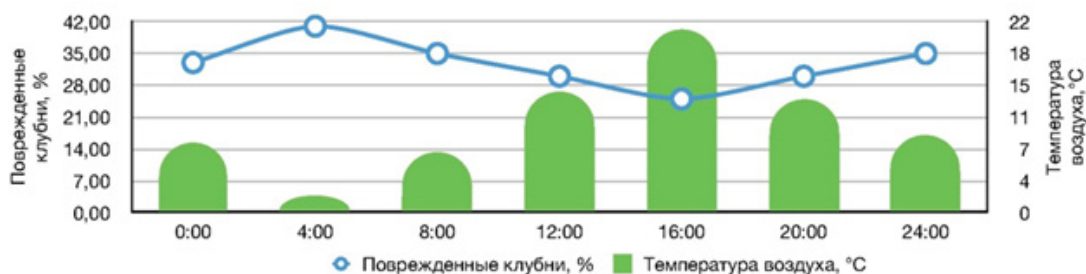


Рис. 3 – Качество клубней и % механических повреждений в зависимости от температуры и времени суток во время уборки в хозяйстве ООО «Солнечные луга»
(Fig 3 .–Quality of tubers and % of mechanical damage depending on temperature and time of day during harvesting at the farm of Solnechnye Luga LLC)

Нужно отметить, что наименьшие потери [11, 12] достигаются при минимальном количестве перевалок картофеля. Отсюда следует, что целесообразно перевозить, а затем и хранить картофель в контейнерах.

Материалы и методы исследования

В связи с этим основной задачей является снижение повреждений клубней при загрузке и транспортировке в контейнерах к местам хранения. Вопросами снижения механических повреждений клубней занимались Борычев С.Н., Успенский И.А., Костенко М.Ю., Н.Н. Колчин, А.А. Сорокин и другие. На основе их исследований был успешно разработан контейнер с ремнем-гасителем, что позволило в дальнейшем провести теоретические исследования по определению параметров ударного взаимодействия клубня с ремнем-гасителем при загрузке в контейнер. Основой исследований является обобщение известных знаний в теоретической механике, динамике.

Результаты и обсуждение

При падении клубня на ремень-гаситель в ударном взаимодействии участвует только часть

ремня M_1 . Скорость клубня v_0 массой m зависит от высоты падения и определяется выражением:

$$v_0 = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

где, h – высота падения, м;

g – ускорение свободного падения, м/с².

При рассмотрении ударного взаимодействия в системе «клубень-ремень-гаситель» введем следующие допущения:

- при соударении во время взаимодействия угол ремня гасителя не меняется;
- удар клубня о ремень абсолютно упругий;
- силы трения при взаимодействии не учитываем;
- рассеивание механической энергии системы не учитываем (механическая энергия системы до удара и после удара одинакова).

В этом случае кинетическая энергия клубня перед соударением равна кинетической энергии клубня и ремня-гасителя после соударения.

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{M_1Mu^2}{2} \quad (2)$$

где, v_0 – начальная скорость клубня, м/с;



v – скорость клубня после удара, м/с;

u – скорость ремня-гасителя после удара,

м/с.

Рассмотрим ударный импульс системы клубень + ремень-гаситель:

В результате удара о ремень-гаситель клубень отскочит под углом $90^\circ - \alpha$ от нормали (рис. 5, позиции а и б).

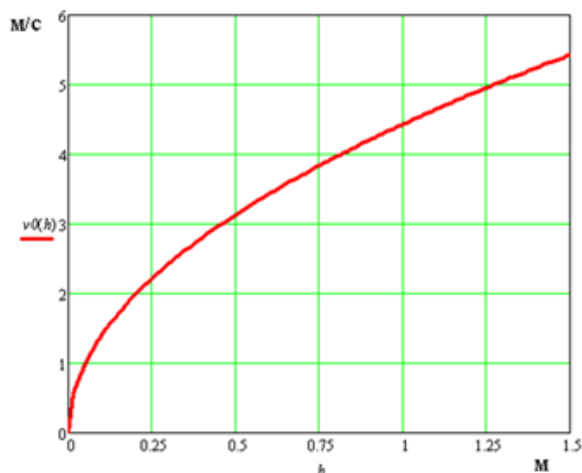


Рис. 4 – Зависимость скорости падения клубня от высоты падения

(Fig 4.–Dependence of the tuber fall rate on the fall height)

Тогда уравнение ударного импульса можно записать в виде

$$\frac{mv_{y0}^2}{2} = \frac{m(v_x^2 + v_y^2)}{2} + \frac{M_i u^2}{2} \quad (3)$$

где, v_{y0} – начальная скорость клубня при вертикальном падении, м/с;

v_x – горизонтальная скорость после удара, м/с;

v_y – вертикальная скорость клубня после удара о ремень-гаситель, м/с;

u – вертикальная скорость ремня-гасителя после соударения с клубнем, м/с.

Для расчета вертикальной составляющей клубня после удара воспользуемся выражением (4)

$$\begin{cases} v_y = v \sin(90^\circ - 2\alpha) = v \cos(2\alpha) \\ v_x = v \cos(90^\circ - 2\alpha) = -v \sin(2\alpha) \end{cases} \quad (4)$$

Анализируя уравнение (4), можно заметить, что вертикальная составляющая при скорости после удара определяется углом наклона ремня. Спроецируем уравнение (3) на ось Y, получим формулу:

$$\frac{mv_{y0}^2}{2} = \frac{M_i u^2}{2} \quad (5)$$

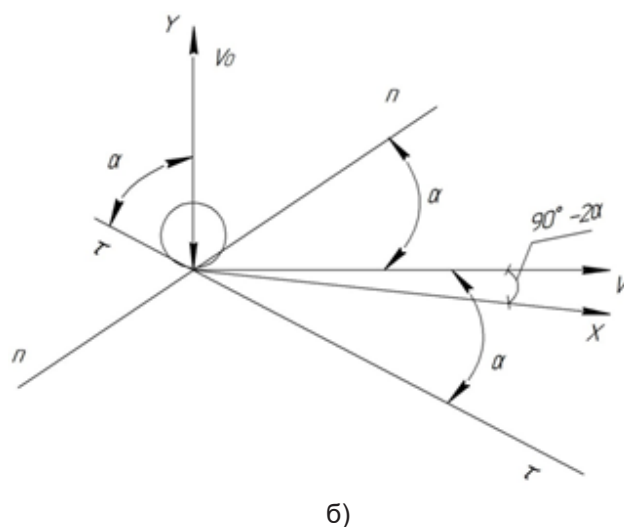
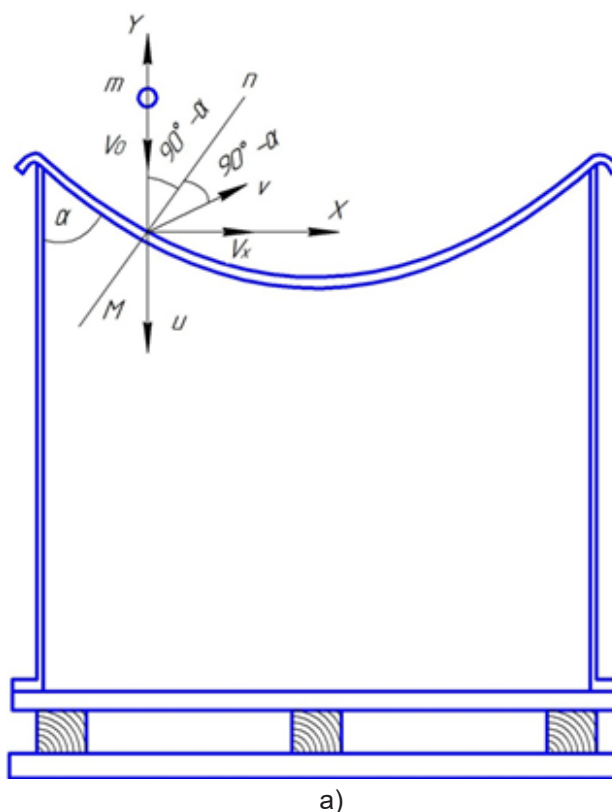


Рис. 5 – Расчетная схема к определению параметров ударного взаимодействия клубня с ремнем-гасителем

(Fig 5.– Calculation scheme for determining the parameters of impact interaction of a tuber with an absorber belt)

По аналогии с кинетической энергией будет определяться импульс системы клубень + ремень-гаситель, вертикальная составляющая количества движения клубня будет соответствовать вертикальной составляющей ремня-гасителя

Таким образом, запишем формулу (6):

$$mv_{y0} = M_i u \quad (6)$$

Решив совместно уравнения (5) и (6), определим величины скоростей после соударения клубня и ремня-гасителя.



$$\begin{cases} \frac{mv_{y0}^2}{2} = \frac{M_i u^2}{2} + \frac{mv_y^2}{2} \\ mv_{y0} = M_i u \end{cases} \quad (7)$$

Преобразовав выражение (7), получим (8):

$$\begin{cases} mv_{y0}^2 = M_i u^2 + mv_y^2 \\ u = \frac{m}{M_i} v_{y0} \end{cases} \quad (8)$$

Подставив значения скорости ремня-гасителя после удара в первое выражение системы (8), получим:

$$mv_{y0}^2 = M_i \left(\frac{m}{M_i} v_{y0} \right)^2 + mv_y^2 \quad (9)$$

$$mv_y^2 = mv_{y0}^2 - \frac{m^2}{M_i} v_{y0}^2 \quad (10)$$

Сократим общие множители и преобразуем выражение (9), тогда квадрат скорости клубня запишется в виде:

$$v_y^2 = \left(1 - \frac{m}{M_i} \right) v_{y0}^2 \quad (11)$$

Окончательно выражение для вертикальной составляющей скорости клубня после соударения с ремнем-гасителем определится выражением:

$$v_y = v_{y0}^2 \sqrt{\frac{M_i - m}{M_i}} \quad (12)$$

Полное значение скорости клубня после удара определяется по формуле (13).

$$v = \frac{v_y}{\cos(2\alpha)} = \frac{v_{y0}^2}{\cos(2\alpha)} \sqrt{\frac{M_i - m}{M_i}} \quad (13)$$

На основе полученных уравнений найдем оптимальный угол между направлением падения клубня и ремнем-гасителем (рис.6)

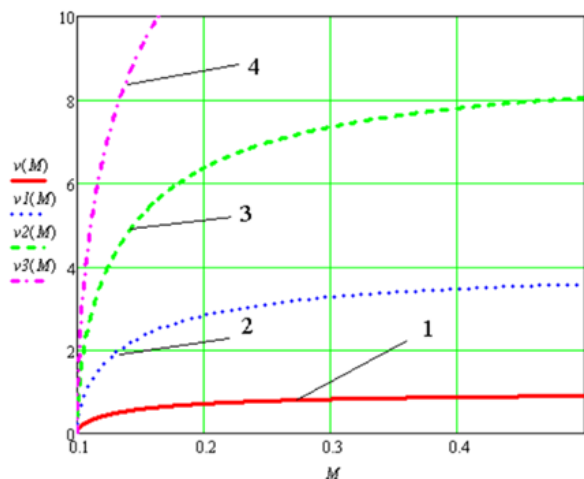


Рис. 6 – Определение оптимального угла между направлением падения клубня и ремнем-гасителем

(Determination of the optimal angle between the direction of fall of the tuber and the damper belt)

Анализ рисунка 6 показал, угол между направлением падения клубня и ремнем-гасителем:

1 – $\alpha = 15^\circ$; 2 – $\alpha = 30^\circ$; 3 – $\alpha = 35^\circ$; 4 – $\alpha = 40^\circ$, при этом были получены следующие выражения (14-17), характеризующие угол падения клубня.

$$v(M) := (v_0)^2 \sqrt{\frac{M-m}{M}} \quad (14)$$

$$v1(M) := (v1)^2 \sqrt{\frac{M-m}{M}} \quad (15)$$

$$v2(M) := (v2)^2 \sqrt{\frac{M-m}{M}} \quad (16)$$

$$v3(M) := (v3)^2 \sqrt{\frac{M-m}{M}} \quad (17)$$

Заключение

Клубень картофеля при падении обладает энергией, пропорциональной его массе и квадрату скорости, которая зависит от ускорения [13-17]. При этом энергия клубня гасится при ударе о поверхность. Отсюда следует, что чем крупнее клубень, тем больше вероятность его повреждения. Описанного выше повреждения можно избежать, если будет гаситься скорость клубня, например, за счет установки на боковой стороне контейнера ремня-гасителя. Так, проведенные теоретические исследования позволили определить угол между направлением падения клубня и ремнем-гасителем, установленным на боковой стороне контейнера. В свою очередь было получено выражение для вертикальной составляющей скорости клубня после соударения с ремнем-гасителем. Полученные значения в дальнейшем можно будет проверить путем проведения экспериментальных исследований, что даст возможность выбора оптимального значения угла.

Список источников

1. Пшечников К.А. Технология комбайновой уборки картофеля на суглинистых почвах в центральном регионе России / Пшечников К.А., Мальцев С.В., Смирнов А.В. // Картофель и овощи. - 2018. - № 4. - С. 19-21.
2. Заводнов С.В. Исследования взаимодействия клубней картофеля с рабочими органами сельскохозяйственных машин: дис...канд. техн. наук: 05.20.01 / С.В. Заводнов. - М., 2002. - 145 с.
3. Борычев С.Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов: дис...докт. техн. наук: 05.20.01 / Борычев С.Н. - Рязань, 2008. - 484 с.
4. К вопросу о повреждении картофеля при уборке и закладке на хранение / Борычев С.Н., Колошеин Д.В., Маслова Л.А. и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2020. - № 159. С. 280-293.
5. Маслова, Л.А. Теоретические предпосылки к обоснованию загрузки контейнера для хранения картофеля/ Л.А. Маслова, Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). - 2020. - № 160 (06). - С. 39-49. - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43128321>.



6. Теоретические и практические основы применения современных сепарирующих устройств со встряхивателями в картофелеуборочных машинах / Н.В. Бышов, С.Н. Бoryчев, И.А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. - №89. - С. 488-498. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/58.pdf>.

7. Бoryчев, С.Н. Технологии и машины для механизированной уборки картофеля (обзор, теории, расчет): монография/ С.Н. Бoryчев. - Рязань: РГСА, 2006. - 220 с.

8. Пат. РФ № 102171. Устройство для гашения энергии падающих клубней плодов картофеля / К.С. Беркасов, С.Н. Бoryчев, Н.В. Бышов [и др.]. - Опул. 20.02.2011Хасанов, Э. Р.

9. Костенко, М.Ю. Анализ способов определения повреждений картофеля./М.Ю. Костенко, А.Н. Шапошников//Сб. науч. тр. аспирантов, соискателей и сотрудников РГСА. -Рязань, 2001. -с. 348-350.

10. Способ контроля скрытых повреждений клубней картофеля / М. Ю. Костенко, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев, И. А. Юхин, Н. А. Костенко, Д. Н. Бышов, А. А. Голиков, С. В. Колупаев, Р. К. Ахмедов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 1166-1187. - Режим доступа:<http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/77.pdf>.

11. Пути снижения травмируемости плодово-овощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / И. А. Успенский, И. А. Юхин, К. А. Жуков, Э. А. Зейналов, В. А. шафоростов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2014.- № 96.- С. 360-372. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/26.pdf>.

12. Взаимосвязь характеристик повреждаемости клубней с параметрами технического состояния сельскохозяйственной техники в процессе

производства картофеля / Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, Г.Д. Кокорев, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2011. - №10(074). С. 596 - 606.

13. Improving the performance parameters of vehicles for intrafarm transport in the agro-industrial complex / Byshov N.V., Borychev S.N., Uspensky I.A., Yukhin I.A. and other // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. С. 012145.

14. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading / Byshov N.V., Borychev S.N., Simdyankin A.A., Yukhin I.A. and other // Proceedings of the 4th International Conference on Frontiers of Educational Technologies. 2018. С. 176-179. Sun Q. Different chemical activation of humic acid from weathered coal affect the growth and development of tomatoes and cabbages // OP Conference Series: Earth and Environmental Science 170(2). 2018. DOI:10.1088/1755-1315/170/2/022137

15. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / Borychev S.N., Uspensky I.A., Shemyakin A.V., Yukhin I.A. and other // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018.-Т. 13. № 10.- С. 3502-3508.

16. Некоторые аспекты снижения повреждения плодов при уборочно-транспортных работах/ Бышов Н.В., Бoryчев С.Н., Успенский И.А. и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2016. - № 121. - С. 592-608.

17. Костенко, М. Ю. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин: дис.. доктора технических наук: 05.20.01 / Костенко Михаил Юрьевич; [Место защиты: Рязан. гос. агротехнолог. ун-т им. П.А. Костычева]. - Рязань, 2011. - 462 с.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Pshechenkov K.A. Tekhnologiya kombajnovoy uborki kartofelya na suglinistyykh pochvah v central'nom regione Rossii / Pshechenkov K.A., Mal'cev S.V., Smirnov A.V. // Kartofel' i ovoshchi. - 2018. - № 4. - С. 19-20.
2. Zavodnov S.V. Issledovaniya vzaimodeystviya klubnej kartofelya s rabochimi organami sel'skhozozajstvennykh mashin: dis....kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / S.V. Zavodnov. - M., 2002. - 145 s.
3. Borychev S.N. Mashinnye tekhnologii uborki kartofelya s ispol'zovaniem usovershenstvovannykh kopatelej, kopatelej-pogruzchikov i kombajnov: dis....dokt. tekhn. nauk: 05.20.01 / Borychev S.N. - Ryazan', 2008. - 484 s.
4. K voprosu o povrezhdeniyah kartofelya pri uborke i zakladke na hranenie / Borychev S.N., Koloshein D.V., Maslova L.A. i dr. // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2020. - № 159. С. 280-293.
5. Maslova, L.A. Teoreticheskie predposylki k obosnovaniyu zagruzki kontejnera dlyahraneniya kartofelya/ L.A. Maslova, D.V. Koloshein, S.N. Borychev // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). - 2020. - № 160 (06). - С. 39-49. - Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43128321>.
6. Teoreticheskie i prakticheskie osnovy primeneniya sovremennykh separiruyushchih ustroystv so vstryahivatelyami v kartofeleuborochnykh mashinah / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspenskiy [i dr.] //



Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2013. - №89. - S. 488-498. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/58.pdf>.

7. Borychev, S.N. *Tekhnologii i mashiny dlya mekhanizirovannoj uborki kartofelya (obzor, teorii, raschet): monografiya* / S.N. Borychev. - Ryazan': RGSKHA, 2006. - 220 s.

8. Pat. RF № 102171. *Ustrojstvo dlya gasheniya energii padayushchih klubnej plodov kartofelya* / K.S. Berkasov, S.N. Borychev, N.V. Byshov [i dr.]. - Opubl. 20.02.2011 Hasanov, E. R.

9. Kostenko, M.YU. *Analiz sposobov opredeleniya povrezhdenij kartofelya* / M.YU. Kostenko, A.N. SHaposhnikov // Sb. nauch. tr. aspirantov, soiskatelej i sotrudnikov RGSKHA. - Ryazan', 2001. - s. 348-350.

10. *Sposob kontrolya skrytyh povrezhdenij klubnej kartofelya* / M. YU. Kostenko, N. V. Byshov, S. N. Borychev, G. K. Rembalovich, I. A. Uspenskij, G. D. Kokorev, I. A. YUhin, N. A. Kostenko, D. N. Byshov, A. A. Golikov, S. V. Kolupaev, R. K. Ahmedov // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № 120. S. 1166-1187. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/77.pdf>.

11. *Puti snizheniya travmiruemosti plodoovoshchnoj produkcii pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah* / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, K. A. ZHukov, E. A. Zejnalov, V. A. shaforostov // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. - 2014. - № 96. - S. 360-372. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/26.pdf>.

12. *Vzaimosvyaz' harakteristik povrezhdaemosti klubnej s parametrami tekhnicheskogo sostoyaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki v processe proizvodstva kartofelya* / G.K. Rembalovich, I.A. Uspenskij, G.D. Kokorev, I.A. YUhin i dr. // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]*. - Krasnodar: KubGAU, 2011. - №10(074). S. 596 - 606.

13. *Improving the performance parameters of vehicles for intrafarm transport in the agro-industrial complex* / Byshov N.V., Borychev S.N., Uspensky I.A., Yukhin I.A. and other // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019*. 2019. S. 012145.

14. *Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading* / Byshov N.V., Borychev S.N., Simdyankin A.A., Yukhin I.A. and other // *Proceedings of the 4th International Conference on Frontiers of Educational Technologies*. 2018. S. 176-179. Sun Q. *Different chemical activation of humic acid from weathered coal affect the growth and development of tomatoes and cabbages* // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 170(2). 2018. DOI:10.1088/1755-1315/170/2/022137

15. *Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation* / Borychev S.N., Uspensky I.A., Shemyakin A.V., Yukhin I.A. and other // *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. - T. 13. № 10. - S. 3502-3508.

16. *Nekotorye aspekty snizheniya povrezhdenij plodov pri uborochno-transportnyh rabotah* / Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskij I.A. i dr. // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. - 2016. - № 121. - S. 592-608.

17. Kostenko, M. YU. *Tekhnologiya uborki kartofelya v slozhnyh polevyh usloviyah s primeneniem innovacionnyh reshenij v konstrukcii i obsluzhivanii uborochnykh mashin: dis. doktora tekhnicheskikh nauk: 05.20.01 / Kostenko Mihail YUr'evich; [Mesto zashchity: Ryazan. gos. agrotekhnolog. un-t im. P.A. Kostycheva]*. - Ryazan', 2011. - 462 s.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Колошеин Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, dkoloshein@mail.ru

Маслова Лилия Александровна, ст. преп. кафедры строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, maslovala@bk.ru

Author Information

Koloshein Dmitry V., Cand. those. Sciences, Associate Professor of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, dkoloshein@mail.ru

Maslova Liliya A., Senior Lecturer of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva maslovala@bk.ru

Статья поступила в редакцию 02.12.2022; одобрена после рецензирования 11.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 02.12.2022; approved after reviewing 11.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.



Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №4, с. 161-169
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 161-169

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 338.48
DOI: 10.36508/RSATU.2022.53.93.021

КОНЦЕПЦИЯ ВЫБОРА ДРОНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТУРИЗМЕ, ВКЛЮЧАЯ RURAL TOURISM

Симдянкин Аркадий Анатольевич ✉

seun2006@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью исследования являлась оценка возможностей использования «привязного» дрона на туристском маршруте.

Методология. Основана на сравнении и анализе существующих способов запитывания двигателей дронов – жидкотопливных и электрических, включая подачу с наземной станции/аккумулятора на двигатель. Рассмотрены достоинства и недостатки использования аккумуляторов с точки зрения небольшого времени их использования и пожароопасности, которую они представляют при повреждениях. Показаны возможности перехода запитывания двигателей дрона с аккумуляторов, размещенных на нем, к аккумуляторам, размещенным на поверхности земли. Оценены возможности сохранения грузоподъемности дронов, связанных проводами с наземной станцией питания/аккумулятором.

Результаты. Предложена концепция использования «привязного» дрона и его эффективного использования на туристском маршруте, которая обоснована с помощью расчета высоты подъема дрона и площади уверенного распознавания фигуры человека на расстоянии, зависящем от его грузоподъемности. Приведены примеры оценки высоты подъема для дронов с грузоподъемностью в диапазоне 1,5-3 кг, позволяющие охватить площадь просмотра/поиска от 0,7 Га до 2,8 Га.

Заключение. Предлагаемая концепция использования «привязанного» дрона позволяет обеспечить существенное большее (и сравнительно хорошо прогнозируемое) время использования дрона и постоянную визуальную связь с объектом поиска, а также полное отсутствие возможности потери дрона в лесу.

Ключевые слова: аккумулятор, дрон, маршрут, туризм

Для цитирования: Симдянкин А.А. Концепция выбора дрона для использования в туризме, включая rural tourism // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, № 4. С 161-169 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.53.93.021>

TECHNICAL SCIENCES

Original article

THE CONCEPT OF CHOOSING A DRONE FOR USE IN TOURISM (INCLUDING RURAL TOURISM)

Arkadii A. Simdiankin ✉

seun2006@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of the study is to assess the possibilities of using a "tethered" drone on the tourist route.

Methodology. It is based on the comparison and analysis of existing methods of powering drone engines – liquid fuel and electric, including feeding from a ground station to the engine/battery. The advantages and disadvantages of using batteries are considered from the point of view of their short use time and the fire hazard when it's damaged. The possibilities of switching the power supply of drone engines from batteries



placed on it to a battery placed on the surface of the earth are shown. The possibilities of maintaining the payload capacity of drones connected by wires to a ground power station/battery are evaluated.

Results. The concept of using a "tethered" drone and its effective use on a tourist route is proposed. It's justified by calculating the lifting height of the drone and the area of confident recognition of the human figure at a distance depending on its carrying capacity. Examples of the estimation of the lifting height for drones with a lifting capacity in the range of 1.5 -3 kg are given that allowed to cover the viewing/search area from 0.7 Ha to 2.8 Ha.

Conclusion. The proposed concept of using a "tethered" drone allows for a significantly longer (and relatively well-predicted) time of using the drone and constant visual communication with the search object, as well as the complete absence of the possibility of losing the drone in the forest.

Key words: battery, drone, route, tourism

For citation: Simdiankin A.A. The concept of choosing a drone for use in tourism (including rural tourism). Herald of Ryazan State Agrotechnical University Named after P.A. Kostychev. 2022; T14, N4 P 161-169 (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.53.93.021>

Введение

История развития беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) или дронов насчитывает уже не

одну сотню лет. При этом она начинает свое развитие – как и подавляющее большинство инноваций – с военной области (табл.1) [1].

Таблица 1– История развития БПЛА (дронов)

Год	Событие
1849	Впервые воздушные шары используются как средства доставки бомб австрийскими войсками к осажденной Венеции.
1898	Н.Тесла продемонстрировал публике разработанное им миниатюрное радиоуправляемое судно.
1910	Беспилотный летательный аппарат построен и публично испытан американским военным инженером Ч.Кеттеринг.
1933	Первый БПЛА многократного использования разработан в Великобритании, при этом его радиоуправляемый вариант, выполненный в виде мишени, использовался в королевском флоте Великобритании до 1943 года.
1940	Немецкую ракету «Фау-1» можно считать первым БПЛА, применявшимся в ходе боевых действий.
1930-1940	Советский авиаконструктор В.В.Никитин разработал торпедоносец-планер, имеющий конструкцию «летающее крыло», позже им же был подготовлен проект беспилотной летающей торпеды с дальностью полета более 100 километров.
1945-1960	Появление и последующее расширение классификации БПЛА по назначению (в основном для военно-разведывательных целей).
1970-1980	Появление первых советских разведывательных БПЛА (Ту-141 «Рейс» и Ту-143).
1980-наст. время	Существенное расширение классификации БПЛА, связанное с появлением новых типов и конструкций, предполагающих различное назначение уже невоенного характера и массовое их использование.

Впервые понятие беспилотного летательного аппарата (БПЛА) или дрона в РФ было упомянуто как «Беспилотная авиационная система» (БАС) [2]. Дроны почти сразу же после появления в России стали использоваться непрофессиональными пользователями, поэтому появилась необходимость в регламентации таких действий. Правила пользования дронами были оформлены в Постановлении Правительства Российской Федерации

от 25 мая 2019 г. № 658, где были утверждены Правила учета беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлетной массой от 0,25 до 30 кг, ввезенных или произведенных в Российской Федерации [3].

Все страны, разрешившие массовое использование дронов, выпустили или скорректировали соответствующие законы, затрагивающие эту область деятельности (табл.2) [3].



Таблица 2 – Зарубежные нормативно-правовые акты в области регламентации использования БПЛА

Страна	Нормативные акты, регламентирующие правила и порядок регистрации
США	• Федеральный закон 112-95 ст. 336 (Public Law 112-95, Section 336) для судов некоммерческого предназначения. • Воздушный кодекс, ч. 107 (Federal Regulations (14 CFR) part 107) для судов весом менее 55 фунтов (25 кг) коммерческого назначения.
Израиль	• Полеты БПЛА дальностью до 50 м нормируются разрешениями от Агентства гражданской авиации Израиля (CAAI) и Министерства связи, кроме того необходимо вступить в Израильский аэроклуб, получить лицензию и страховку. • Для полетов БПЛА дальностью до 250 м необходима лицензия оператора, выдаваемая Министерством транспорта (после прохождения соответствующего курса обучения). • Полеты БПЛА на расстояние свыше 250 м запрещены.
Канада	• Канадский авиационный кодекс, ст. 602.41 (Canadian Aviation Regulations SOR/96-433, Section 602.41).
Германия	• Федеральное авиационное управление Германии (FAO), разрешает полеты на дроне. • Федеральным законом об охране природы запрещены полеты над природоохранными территориями, охраняемыми.
Франция	• Управление гражданской авиации Франции разрешает полеты на дроне. • Постановление Министерства экологии, устойчивого развития, транспорта и жилищного строительства Франции от 27 января 2017 г. определяют список зон закрытых для аэрофотосъемки; • Постановление Министерства экологии, устойчивого развития, транспорта и жилищного строительства Франции от 17 декабря 2015 г. определяет использование воздушного пространства беспилотной летательной техникой.
Великобритания	• Управление гражданской авиации Великобритании (CAA) разрешает полеты на дроне. • Постановление Управления гражданской авиации CAP 722 «Операции беспилотной авиационной системы в воздушном пространстве Великобритании»; • Статьи 94, 95, 241 Аэронавигационного ордера 2016 (ANO 2016).
Нидерланды	• Генеральный директорат гражданской авиации Нидерландов (DGCA) разрешает полеты на дроне. • Закон об авиации от 18 июня 1992 г.; • Распоряжение Министерства транспорта от 2 декабря 2005 г. об утверждении правовых вопросов для БПЛА.
Швеция	• Правила Транспортного агентства TSFS 2009: 88, с поправками от 2013 г.
Бельгия	• Королевский указ от 10 апреля 2016 г. «Об использовании самолетов с дистанционным управлением в воздушном пространстве Бельгии».
Ирландия	• Порядок регистрации БПЛА (Small Unmanned Aircraft (Drones)); • Ракетный закон 563 от 2015 г. (Rockets Order S.I. 563 of 2015).
Норвегия	• Закон № 101 «Об авиации» от 11 июня 1993 г.
Иран, Шри-Ланка	• Использование БПЛА запрещено.

Хорошо видно, что проблема дронов – а, вернее, противоправных действий, которые могут быть предприняты с их использованием – уже довольно давно волнует правительства всех стран мира. Тем не менее, никто не стремится полностью запретить их использование, поскольку пре-

имущества дронов очевидны. Более того, все эти преимущества только раскрываются как в старых и хорошо известных областях экономики, так и во вновь появляющихся течениях.

Наиболее известные в настоящее время сферы применения дронов показаны на рисунке 1 [4-7].



Рис. 1 – Сферы применения дронов
(Fig.1– Applications of drones)

В сфере туризма дроны можно использовать по нескольким вышеуказанным направлениям сразу, например, инспектирование состояния маршрута перед выходом; спасение жизни; доставка медикаментов и питания туристам, сошедшим с маршрутов, травмировавшихся или заболевших на них; фото- и видеофиксация путешествия и реклама туристских маршрутов в целом. Однако, если в зарубежной литературе сферы применимости дронов в туризме разносторонне освещены [8-11], то в отечественной их не так много [12]. Существенную помощь дроны могут оказать туристам, участвующим в посещение сельскохозяйственных производств или принимающих непосредственное участие в сельхозработах в рамках rural tourism как с точки зрения регистрации такого события, так и практической направленности.

По категории применяемых двигателей дроны могут быть разделены на две основные части – «потребляющие» жидкое топливо и электрический ток. Для туристов наименее приемлемыми явля-

ются дроны с двигателями внутреннего сгорания, поскольку имеют высокий уровень шума, загрязняют окружающую среду выхлопными газами и требуют наличия запаса высоко пожароопасного топлива. Электрический привод может быть реализован наиболее часто применяемым способом – посредством использования аккумуляторов, а также подачей электрического тока по проводам от источника, расположенного, например, на земле (так называемые «привязанные» дроны) [13]. Справедливости ради надо подчеркнуть, что «привязанные» дроны могут использовать и жидкое топливо, подаваемое насосом на двигатель с хранилища, расположенного вне его, однако, это не лишает их вышеуказанных недостатков. Поэтому далее будем рассматривать только дроны, укомплектованные электродвигателями.

Большинство современных дронов гражданского назначения имеют полетное время порядка получаса, после чего необходимо сменить аккумулятор (табл.3) [14].



Таблица 3 – Максимальное полетное время и дальность полета дронов гражданского назначения

Название	Максимальное время полета, мин	Максимальная дальность полета, км
DJI mini 2	31	10
DJI mini 3 Pro	34	12
DJI Inspire 2	27	7
Autel Robotics EVO	30	7
FIMI X8 SE 2020	35	8
Hubsan Zino 2	40	8
DJI Mavic Pro	27	7
DJI Mavic Air 2	34	10
DJI AIR 2S	31	12
DJI Phantom 4 Pro V2.0	30	10
DJI Mavic 2	31	10
Autel EVO II	40	9
DJI Mavic 3	46	15

Если эту «проблему разряженного аккумулятора» в условиях города решить достаточно просто, то на маршруте может оказаться уже весьма проблематичным. Использование запасных аккумуляторов решит проблему лишь на время, в то же время мало кто из туристов планирует взять с собой в поход несколько (а на самом деле неизвестное количество) аккумуляторов, когда каждый дополнительный грамм в рюкзаке на счету.

В качестве наиболее хорошо зарекомендовавших себя аккумуляторов по показателям емкости/масса для дронов можно отметить литий-полимерные аккумуляторы (LiPo), которые, однако, имеют следующие недостатки:

- быстрое старение, которое, фактически, начинается непосредственно сразу после их производства, причем независимо от того используются они или нет;
- высокая пожароопасность, не только из-за неправильной зарядки, но и сравнительно небольших механических повреждений.

Поэтому более перспективным направлением запитывания двигателя дронов является выносной источник питания, расположенного на земле – в рюкзаке туриста. В свое время автором статьи было предложено решение по «отделению» аккумулятора от дрона для тех, что применяются в сельскохозяйственном производстве [15]. Однако в том случае перенос аккумуляторов на транспортное средство происходит достаточно «безболезненно», что связано с высокой энергонасыщенностью транспортного средства и возможностью взять на борт несущественный – по сравнению с его собственной массой – груз. Невозможность использования дрона в этом случае не будет столь критичной для производства работ – его можно просто заменить либо перераспределить его «обязанности» между оставшимися рабочими.

В случае же использования дрона в туризме

начинает играть существенную роль то, что он может стать единственной «нитью Ариадны» в случае, когда турист сошел с маршрута и не может по тем или иным причинам на него вернуться, а также единственным средством вызвать спасателей (например, путем расположения смартфона в режиме «SOS» на дроне).

Материалы и методы исследования

Проблема переноса источника питания с дрона на «землю» будет требовать решения нескольких взаимосвязанных задач:

- 1) оценка массы проводов питания, вводимого вместо аккумуляторной батареи;
- 2) оценка требуемой высоты подъема дрона и площади уверенного распознавания фигуры человека;
- 3) выбор дрона с достаточной для подъема проводов питания грузоподъемностью.

Для решения первой задачи оценим, на какую высоту необходимо подняться дрону при проведении, например, спасательной операции в лесу. Предположим, что высота деревьев достигает высоты 15 м, рост туриста – 1,8 м, он отстоит от дерева на расстоянии 5 м, а для распознавания его фигуры камере дрона достаточно видеть только его голову (рис.2).

Введем следующие допущения и обозначения:

- известные параметры – рост туриста $h_3=1,8$ м, высота дерева $h_2=15$ м, расстояние от дерева до туриста $L_2=5$ м;
- все остальные параметры являются неизвестными, из которых наибольший интерес представляют высота подъема дрона h_1 и длина L_1 , позволяющая судить об охватываемой камерой дроном площади круга.

Для подачи тока на двигатель дрона необходимо выбрать провода, позволяющие ему достаточно длительное время находится в воздухе, при этом они должны обеспечивать установленный техническими требованиями ток и не перегре-

ваться в процессе работы дрона. Для соединения аккумуляторов дрона с двигателем используются следующий тип силовой проводки (параметры переведены в метрическую систему):

- AWG (American Wire Gauge) 22;
- диаметр – 0,64 мм;

- площадь сечения – 0,325 мм²;
- внешний диаметр – 1,6 мм;
- максимальная температура силиконовой изоляции – 200°C;
- масса 1 метра провода – 6 г.

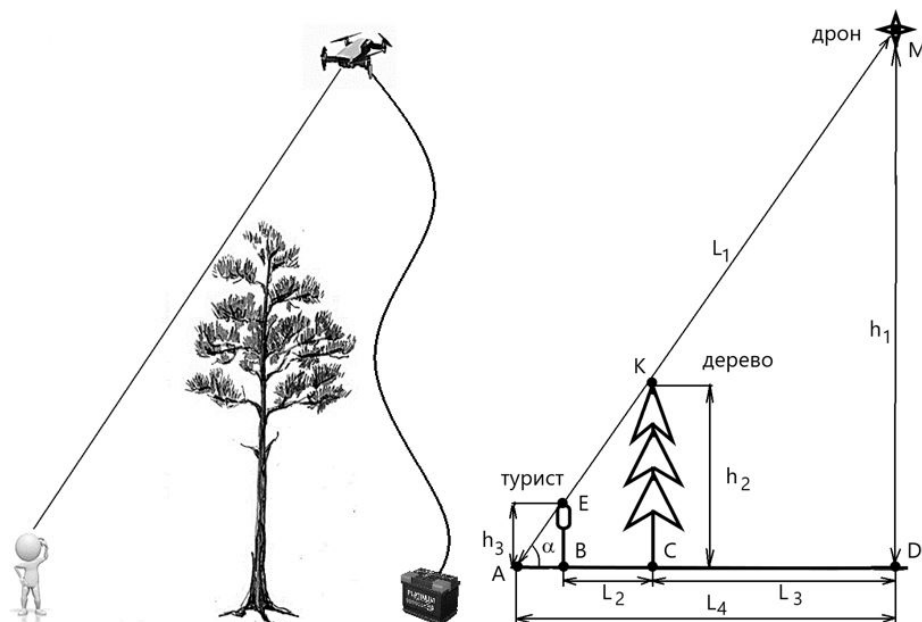


Рис. 2 – К оценке высоты подъема дрона и площади уверенного распознавания фигуры человека (Fig.2 – To assess the height of the drone and the area of confident recognition of the human figure)

Высота подъема дрона h_1 будет определять общую массу проводов и, следовательно, влиять на выбор грузоподъемности дрона. При этом, небольшую массу до 0,5 кг способны поднять многие дроны «любительского» уровня [16]. Масса до 1 кг представляет уже достаточно существенную нагрузку для дрона и владелец может столкнуться с проблемой ухудшения его летных характеристик. В таблице 4 приведена грузоподъемность наиболее распространенных дронов для каждой категории.

Чем выше грузоподъемность дрона, тем больше будет как его масса, так и стоимость, поэтому будем руководствоваться тем, что она не превышает 3 кг.

При выборе двигателей дрона необходимо руководствоваться следующим [17]. Коллекторные

двигатели, как правило, не способны развивать значительные обороты и имеют невысокую мощность, что вкуче не позволяет им развивать большую подъемную силу. Более того, коллекторные двигатели имеют достаточно большие размеры и невысокую надежность вследствие большого количества трущихся деталей. Бесколлекторные двигатели в последнее время все чаще устанавливают на «бюджетные» дроны, имеющие невысокую стоимость. Эти двигатели отличаются значительными оборотами и большими мощностями, а, следовательно, имеют большую подъемную силу. Кроме того, они меньше по размерам и массе, а также большую долговечность. Поэтому дроны с такими двигателями наиболее подходящи для использования на туристских маршрутах.

Таблица 4 – Грузоподъемность типовых дронов (до 10 килограмм)

Модель	Максимальная масса транспортируемого груза, кг
Flairics Journalist	1,5
Homeland Surveillance RDASS Q1000	
SteadyDrone Mavrik x4	
Allied Drones EF44	2
DJI Inspire	



Продолжение таблицы 4

AEE F100 Drone	2,5
Flytrex Sky Drone	3
SteadyDrone Vader X4	3,8
MATRICE 600 PRO	6
SteadyDrone QU4D X	8

Результаты исследований и их обсуждение

Рассчитаем высоту h_1 подъема дрона (рис.2), используя данные по массе 1 м провода, принимая во внимание, что таких проводов понадобится два, при следующих грузоподъемностях дрона:

$$m_{1,5}=1,5 \text{ кг} \rightarrow h_1 = \frac{1,5}{2 \cdot 0,006} = 125 \text{ м}; \quad (1)$$

$$m_{2,0}=2,0 \text{ кг} \rightarrow h_1 = \frac{2,0}{2 \cdot 0,006} \approx 167 \text{ м}; \quad (2)$$

$$m_{2,5}=2,5 \text{ кг} \rightarrow h_1 = \frac{2,5}{2 \cdot 0,006} \approx 208 \text{ м}; \quad (3)$$

$$m_{3,0}=3,0 \text{ кг} \rightarrow h_1 = \frac{3,0}{2 \cdot 0,006} = 250 \text{ м}. \quad (4)$$

Используя теорему подобия для треугольников ДАМД, ДАКС и ДАЕВ, составим следующие отношения:

$$\frac{h_1}{L_4} = \frac{h_2}{L_4 - L_3} = \frac{h_3}{L_4 - L_3 - L_2}. \quad (5)$$

Выразим отсюда L_2 :

$$\frac{L_4 - L_3}{L_4} = \frac{h_2}{h_1} \Rightarrow 1 - \frac{L_3}{L_4} = \frac{h_2}{h_1} \Rightarrow \frac{L_3}{L_4} = 1 - \frac{h_2}{h_1} \Rightarrow L_3 = \left(1 - \frac{h_2}{h_1}\right) \cdot L_4 \quad (6)$$

и подставим во вторую часть отношения (5):

$$\frac{h_1}{L_4} = \frac{h_3}{L_4 - \left(1 - \frac{h_2}{h_1}\right) \cdot L_4 - L_2}. \quad (7)$$

Выразим отсюда L_4 :

$$\begin{aligned} \frac{L_4 - \left(1 - \frac{h_2}{h_1}\right) \cdot L_4 - L_2}{L_4} &= \frac{h_3}{h_1} \Rightarrow 1 - \left(1 - \frac{h_2}{h_1}\right) - \frac{L_2}{L_4} = \frac{h_3}{h_1} \Rightarrow 1 - \left(1 - \frac{h_2}{h_1}\right) - \frac{h_3}{h_1} = \frac{L_2}{L_4} \Rightarrow \\ \Rightarrow L_4 &= \frac{L_2}{1 - \left(1 - \frac{h_2}{h_1}\right) - \frac{h_3}{h_1}} \Rightarrow \\ L_4 &= \frac{L_2}{\frac{h_2}{h_1} - \frac{h_3}{h_1}} \Rightarrow \frac{L_2 \cdot h_1}{h_2 - h_3}. \end{aligned} \quad (8)$$

Пользуясь полученным выражением, найдем площадь $S = \pi \cdot L_4^2$ уверенного распознавания человека в лесу:

$$h_1 = 125 \text{ м} \Rightarrow L_4 \approx 47 \text{ м} \Rightarrow S_{1,5} = 7042 \text{ м}^2 \approx 0,7 \text{ Га};$$

$$h_1 = 167 \text{ м} \rightarrow L_4 \approx 63 \text{ м} \Rightarrow S_{2,0} = 12570 \text{ м}^2 \approx 1,26 \text{ Га};$$

$$h_1 = 208 \text{ м} \rightarrow L_4 \approx 79 \text{ м} \Rightarrow S_{2,5} = 19500 \text{ м}^2 \approx 1,95 \text{ Га};$$

$$h_1 = 250 \text{ м} \rightarrow L_4 \approx 95 \text{ м} \Rightarrow S_{3,0} = 28171 \text{ м}^2 \approx 2,8 \text{ Га}.$$

Таким образом, грузоподъемность дрона в 3 кг достаточна для поиска человека на площади почти в три гектара. Дроны с более низкой грузоподъемностью вряд ли будут полезны в рассматриваемом случае, поскольку на расстояние 50-60 метров можно «докричаться» до потенциального спасаемого.

Заключение

Предлагаемая концепция использования «привязанного» дрона позволяет обеспечить существенное большее (и сравнительно хорошо прогнозируемое) время использования дрона, отсутствие возможности потерять дрон в лесу, а также обеспечить постоянную визуальную связь с объектом поиска.

В рамках набирающего популярность rural tourism использование дронов позволяет соединить искусство фото- и видеосъемки на природе с навыками управления дронами, которые практически невозможно потерять.

Список источников

1. Дроны и беспилотные летательные аппараты / Агентство промышленного развития Москвы. Москва. 2020. – 54 с. URL: <https://investmoscow.ru/media/3341139/>
2. Федеральный закон от 03.07.2016 №291-ФЗ «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 мая 2019 г. № 658 утверждены Правила учета беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлетной массой от 0,25 до 30 кг, ввезенных или произведенных в Российской Федерации.
4. Курченко Н. Ю. Нормативно-правовая база использования беспилотных авиационных систем / Н. Ю. Курченко, Е. В. Труфляк. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 41 с.
5. Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях / Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 22–23 мая 2018 г.). – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Соча-вы СО РАН, 2018. – 135 с.
6. БПЛА. Что мы увидим в небе. Дайджест по



робототехнике. No2 Февраль 2021. – 122 с. URL: <https://robotics.innopolis.university/wp-content/uploads/2021/02/Digest-Robotics2.pdf>

7. Баркова Н.Ю., Деулина Е.Д., Малышева М.А., Кирсанова Д.П., Бородин О.А. Беспилотные летательные аппараты: потенциал использования в системах складирования компаний // Вестник университета. 2022. No 5. С. 44–52. DOI 425/1816-4277-2022-5-44-52

8. Encyclopedia of Tourism Management and Marketing/ Edited by Dimitrios Buhalis. – Published: 25 Aug 2022 – 3528 p. DOI: <https://doi.org/10.4337/9781800377486> URL: <https://www.elgaronline.com/view/book/9781800377486/b-9781800377486.drones.in.tourism.xml>

9. Pocharee, L., & Piyatadsananon, P. (2018). Application of advanced geoinformatics for planning the maintenance schemes in tourism management: A case study of Kae Dum Wooden Bridge, Maha Sarakham Province, Thailand. In Proceedings of the 2018 10th International Conference on Information Management and Engineering (pp. 200-204). ACM

10. How Drones Positively Affect Tourism - NIAS-Airspace. (2018, August 09). URL: <https://nias-uas.com/drones-positively-affect-tourism>

11. Stankov, U., Kennell, J., Morrison, A. M., & Vujičić, M. D. (2019). The view from above: the relevance of shared aerial drone videos for destination marketing. Journal of Travel & Tourism Marketing, 1-15.

12. Федотовских А.В. Направления практического использования БПЛА для развития туризма в арктической зоне РФ. / Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. М.: ИНИОН РАН, 2020. Ч. 1 – с.769-772 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-prakticheskogo-ispolzovaniya-bpla-dlya-razvitiya-turizma-v-arkticheskoy-zone-rf>

13. Привязные беспилотники / Алексей Бойко (ABloud). Робо-педия. Привязные беспилотники -- Основные конструкции беспилотников -- Каталог беспилотников. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/privyaznye-bespilotniki>

14. TOP 13 дронов с большим радиусом действия и камерой. Дрономания. Онлайн журнал о дронах. URL: <https://dronomania.ru/top/big-radius.html>

15. Как правильно выбрать аккумулятор для квадрокоптера: полный гайд. DronGeek. Все о квадрокоптерах. Обзоры электроники и гаджетов. Лучшие товары для дома. URL: <https://drongeek.ru/novichkam/akkumulyator-dlya-kvadrokoptera>

16. RCcopter. Медный провод 22AWG. URL: <https://rccopter.ru/product/mednyy-provod-22awg-3m-krasnogo-3m-chyornogo-v-silikonovoy-izolyatsii-6-metrov>

17. Щеточные и бесщёточные двигатели квадрокоптеров: свойства, различия, плюсы и минусы. О дронах. DronNews. URL: <https://dronnews.ru/o-dronakh/dvigateli-kvadrokoptero.html>

References

1. *Drony i bespilotnye letatel'nye apparaty / Agentstvo promyshlennogo razvitiya Moskvy. Moskva. 2020. – 54 s. URL: https://investmoscow.ru/media/3341139/*
2. *Federal'nyj zakon ot 03.07.2016 №291-FZ «O vnesenii izmenenij v Vozdushnyj kodeks Rossijskoj Federacii».*
3. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 25 maya 2019 g. № 658 utverzhdeny Pravila ucheta bespilotnyh grazhdanskih vozdushnyh sudov s maksimal'noj vzletnoj massoj ot 0,25 do 30 kg, vvezennyh ili proizvedennyh v Rossijskoj Federacii.*
4. *Kurchenko N. YU. Normativno-pravovaya baza ispol'zovaniya bespilotnyh aviacionnyh sistem / N. YU. Kurchenko, E. V. Truflyak. – Krasnodar: KubGAU, 2020. – 41 s.*
5. *Primenenie bespilotnyh letatel'nyh apparatov v geograficheskikh issledovaniyah / Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Irkutsk, 22–23 maya 2018 g.). – Irkutsk: Izdatel'stvo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2018. – 135 s.*
6. *BPLA. CHto my uvidim v nebe. Dajdzhest po robototekhnike. No2 Fevral' 2021. – 122 s. URL: https://robotics.innopolis.university/wp-content/uploads/2021/02/Digest-Robotics2.pdf*
7. *Barkova N.YU., Deulina E.D., Malysheva M.A., Kirsanova D.P., Borodina O.A. Bespilotnye letatel'nye apparaty: potencial ispol'zovaniya v sistemah skladirovaniya kompanij // Vestnik universiteta. 2022. No 5. S. 44–52. DOI 425/1816-4277-2022-5-44-52*
8. *Encyclopedia of Tourism Management and Marketing/ Edited by Dimitrios Buhalis. – Published: 25 Aug 2022 – 3528 p. DOI: https://doi.org/10.4337/9781800377486 URL: https://www.elgaronline.com/view/book/9781800377486/b-9781800377486.drones.in.tourism.xml*
9. *Pocharee, L., & Piyatadsananon, P. (2018). Application of advanced geoinformatics for planning the maintenance schemes in tourism management: A case study of Kae Dum Wooden Bridge, Maha Sarakham Province, Thailand. In Proceedings of the 2018 10th International Conference on Information Management and Engineering (pp. 200-204). ACM*
10. *How Drones Positively Affect Tourism - NIAS-Airspace. (2018, August 09). URL: https://nias-uas.com/drones-positively-affect-tourism*
11. *Stankov, U., Kennell, J., Morrison, A. M., & Vujičić, M. D. (2019). The view from above: the relevance*



of shared aerial drone videos for destination marketing. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 1-15.

12. Fedotovskiy A.V. Napravleniya prakticheskogo ispol'zovaniya BPLA dlya razvitiya turizma v arkticheskoy zone RF. / *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya. Ezhegodnik*. M.: INION RAN, 2020. CH. 1 – s.769-772 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-prakticheskogo-ispolzovaniya-bpla-dlya-razvitiya-turizma-v-arkticheskoy-zone-rf>

13. Privyaznye bespilotniki / Aleksej Bojko (ABloud). *Robo-pediya. Privyaznye bespilotniki -- Osnovnye konstrukcii bespilotnikov -- Katalog bespilotnikov*. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/privyaznye-bespilotniki>

14. TOP 13 dronov s bol'shim radiusom dejstviya i kameroj. *DronoManiya. Onlajn zhurnal o dronah*. URL: <https://dronomania.ru/top/big-radius.html>

15. Kak pravil'no vybrat' akkumulyator dlya kvadrokoptera: polnyj gjjd. *DronGeek. Vse o kvadrokopterah. Obzory elektroniki i gadzhetov. Luchshie tovary dlya doma*. URL: <https://drongeek.ru/novichkam/akkumulyator-dlya-kvadrokoptera>

16. RCcopter. Mednyj provod 22AWG. URL: <https://rccopter.ru/product/mednyy-provod-22awg-3m-krasnogo-3m-chyornogo-v-silikonovoy-izolyatsii-6-metrov>

17. SHCHetochnye i besshchyotochnye dvigateli kvadrokopterov: svoystva, razlichiya, plyusy i minusy. O dronah. *DronNews*. URL: <https://dronnews.ru/o-dronakh/dvigateli-kvadrokopterov.html>

Информация об авторе

Симдянкин Аркадий Анатольевич, д-р техн. наук, профессор, seun2006@mail.ru

Author Information

Simdiankin Arkadii A., Doctor of Technical Science, Professor, seun2006@mail.ru

Статья поступила в редакцию 23.11.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 23.11.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.356.44
DOI: 10.36508/RSATU.2022.82.49.022

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО КОПАТЕЛЯ КТН-2В

Надежда Владимировна Симонова¹✉, Борычев Сергей Николаевич Борычев²

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

¹ naden4ever@mail.ru

² 89066486088@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Серийно выпускаемые уборочные машины достаточно хорошо зарекомендовали себя в нормальных условиях эксплуатации. Однако погодные условия меняются из года в год, и применение данных машин, например, на тяжелых суглинистых почвах вызывает ряд трудностей. Ввиду того, что машина не справляется с такой почвой, наблюдается увеличение потерь клубней картофеля. Исходя из этого, целью исследований явилось снижение потерь клубней картофеля при его уборке простейшими копателями.

Методология. Исследования были проведены на базе картофелеводческого хозяйства ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. Объектами исследований выступали серийный и усовершенствованный картофелекопатель КТН-2В, дооборудованный разработанным рыхлителем клубненоносного пласта. Сравнительные полевые исследования данных машин проводили в период уборки картофеля сорта «Гала».

Результаты. Установлено, что применение разработанного рыхлителя клубненоносного пласта в конструкции простейшего картофелекопателя КТН-2В снижает потери клубней картофеля на 1,3 %, вследствие уменьшения количества клубней, присыпанных почвой, не просеянной через элеватор. Наблюдается повышение производительности уборочного агрегата ввиду повышения его рабочей скорости на 8 %, а также снижения технологических остановок по причине сгуживания клубненоносного пласта на лемехах. Однако незначительно возрастают повреждения клубней в пределах агротехнических требований.

Заключение. Результаты настоящего исследования показали эффективность работы пруткового элеватора в паре с разработанным рыхлителем клубненоносного пласта. Данным устройством легко оборудовать не только простейшие копатели, но и более сложные машины – картофелеуборочные комбайны как отечественного, так и зарубежного производства, тем самым повысить качественные показатели их работы.

Ключевые слова: картофель, рыхлитель клубненоносного пласта, прутковый элеватор, сепарация, потери

Для цитирования: Симонова Н. В., Борычев С. Н. Полевые исследования усовершенствованного копателя КТН-2В // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С 170-176 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.82.49.022>

TECHNICAL SCIENCES

Original article

FIELD TESTS OF THE IMPROVED DIGGER KTN-2V

Nadezhda V. Simonova¹✉, Sergey N. Borychev²

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

¹ naden4ever@mail.ru

² 89066486088@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. Series-produced harvesters have gained a good reputation when normal operating conditions. However, soil and climatic conditions vary from year to year, and the use of these machines, for example, on heavy loamy soils causes a number of difficulties. Due to the fact that the machine cannot cope



with such soil, there is an increase in the loss of potato tubers. Based on this, the purpose of the research was to reduce the loss of potato tubers when harvesting by the simplest diggers.

Methodology. The research was carried out on the basis of potato farm LLC "Avangard" in Ryazan district of Ryazan region. The objects of research were a serial and improved potato diggers KTN-2V, equipped with a developed tuberous layer ripper. Comparative field tests of these machines were carried out during the period of harvesting potatoes of Gala variety.

Results. It has been established that the use of the developed tuberous layer ripper in the design of the simplest potato digger KTN-2V reduces the loss of potato tubers by 1.3%, due to a decrease in their number, sprinkled with soil not sifted through the elevator. There is an increase in the productivity of the harvesting unit due to an increase in its operating speed by 8%, as well as a decrease in technological stops due to pileup of the tuberous layer on tusks. However, damage to tubers slightly increases within the limits of agrotechnical requirements.

Conclusion. The results of this study showed the efficiency of the rod elevator in tandem with the developed tuberous layer ripper. With this device, not only the simplest diggers can be easily equipped, but also more complex machines - potato harvesters of both domestic and foreign production, thereby improving the quality indicators of their work.

Key words: potatoes, tuberous layer cultivator, rod elevator, separation, losses

For citation: Simonova N.V., Borychev S.N. Field tests of the improved KTN-2V digger. //Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; No. 14(4). P170-176 .(in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.82.49.022>

Введение

Далеко не каждое, даже достаточно развитое картофелеводческое хозяйство может приобрести современную дорогостоящую уборочную технику, полностью отвечающую агротехническим требованиям. Поэтому для уборки картофеля в крестьянских (фермерских) хозяйствах (КФХ) и личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) чаще всего применяют простейшие уборочные машины, такие как КТН-2В и КСТ-1,4, которые достаточно хорошо зарекомендовали себя в нормальных условиях эксплуатации. Однако погодные условия меняются из года в год, и применение данных машин, например, на тяжелых суглинистых почвах вызывает ряд трудностей. Серийные машины не могут справиться с такой почвой, наблюдается сгруживание клубненосного пласта на лемехах копателя, увеличивается количество технологических остановок уборочного агрегата, снижается его производительность, и, как следствие, уборка картофеля затягивается [2, 9, 17].

Исходя из этого, нами предложена конструкция устройства, позволяющая повысить качество разделения компонентов клубненосного пласта, поступающего в картофелеуборочную машину.

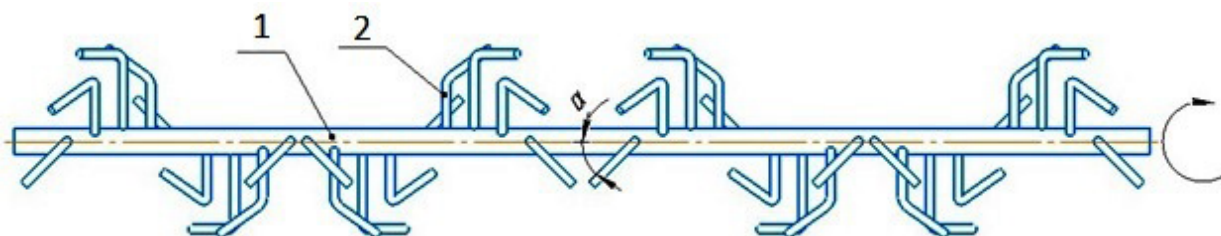
Разработка рыхлителя клубненосного пласта

На сегодняшний день известно достаточно

большое количество различных устройств (интенсификаторов), помогающих прутковому элеватору разделять поступающий на него клубненосный пласт на компоненты [5, 6, 16]. Во многих работах отмечено, что в случае дооборудования серийно выпускаемых машин для уборки картофеля именно активными интенсификаторами в значительной мере повышается скорость и качество разделения компонентов клубненосного пласта на наиболее распространенных сепарирующих рабочих органах – прутковых элеваторах, и, как следствие, повышается эффективность работы уборочной машины в целом [4, 6, 8]. Проанализировав конструкции данных устройств, пришли к выводу о необходимости продолжения исследований в этой области.

Исследованиями Н.Н. Колчина, Г.Д. Петрова, А.А. Сорокина, М.Б. Угланова установлено, что клубненосный пласт с лемехов поступает на прутковый элеватор неравномерным слоем, вследствие чего не вся почва успевает просеяться через просветы между прутками элеватора, и вновь поступающий клубненосный пласт начинает сгруживаться на лемехах [1, 5, 11, 13].

Исходя из вышесказанного, нами предлагается конструкция рыхлителя клубненосного пласта (рисунки 1,2).



1 – приводной вал, 2 – Г-образный палец, α – угол между горизонтальной частью Г-образного пальца и осью вращения приводного вала

Рис. 1 – Рыхлитель клубненосного пласта [7]
(Fig.1– The tuberous layer ripper [7])



Рис. 2 – Рыхлитель клубненосного пласта, установленный на картофелекопатель КТН-2В
(Fig.2 – The tuberous layer ripper installed on the KTN-2V potato digger)

Рыхлитель клубненосного пласта устанавливается над лемехами и прутковым элеватором. Рыхлитель представляет собой цилиндрический приводной вал 1 (вращается навстречу движению пруткового элеватора) с пальцами 2 Г-образной формы. Г-образные пальцы установлены на приводном валу по цилиндрическим винтовым линиям (правой и левой). Горизонтальная часть Г-образного пальца отогнута на угол α в противоположную сторону от вращения приводного вала. Г-образные пальцы представленного рыхлителя

клубненосного пласта обрезаются [7].

Принцип работы представленного рыхлителя клубненосного пласта следующий. При движении картофелеуборочной машины по картофельным грядкам лемехи подрезают клубненосный пласт на глубину залегания клубней и перемещают его на прутковый элеватор. При переходе с лемеха на элеватор на клубненосный пласт воздействует рыхлитель. Г-образные пальцы врезаются в клубненосный пласт, разрушая его почвенную корку и разбивая почвенные комки. Горизонтальная часть Г-образного пальца, взаимодействуя с клубненосным пластом, распределяет его равномерным слоем по всей ширине пруткового элеватора за счет сдвига верхней части клубненосного пласта в правую (левую) сторону [7].

Скорость вращения приводного вала представленного рыхлителя клубненосного пласта больше скорости пруткового элеватора, вследствие чего практически исключается сгуживание клубненосного пласта на лемехах [7].

Методика исследования усовершенствованного копателя

Для оценки эффективности применения разработанного устройства в конструкции картофелекопателя КТН-2В провели исследования двух машин (серийно выпускаемой и усовершенствованной). Усовершенствованный копатель (рис. 3) дооборудован разработанным рыхлителем клубненосного пласта (рис. 4). Исследования проводились на базе ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. Характеристика опытной делянки представлена в таблице.

Таблица – Характеристика опытной делянки

Наименование	Значение
Дата	17-21 сентября 2022 г.
Сорт картофеля	«Гала»
Урожайность, т/га	28,2
Количество растений на га, тыс. шт.	62
Максимальная глубина залегания клубня, см	18
Ширина междурядья, см	70
Тип почвы	серая лесная
Механический состав почвы	тяжелый суглинок
Влажность почвы, %	20
Твердость почвы, МПа	1,1
Температура почвы, °C	15

Согласно агротехническим требованиям потери клубней должны составлять не более 3 % [3, 10, 12]. При уборке простейшими картофелекопателями к потерям относятся клубни, которые не были подкопаны лемехами и остались в почве, и клубни, которые после схода с пруткового элеватора картофелекопателя на поверхность поля засыпались неотсепарированной почвой. Подсчитать количество засыпанных почвой клубней нам

помогло простое устройство. На раме копателя под прутковым элеватором на подшипниках качения смонтировали ось, на которую одевался рулон пленки. Свободный конец пленки закреплялся в начале опытной делянки. По мере движения уборочного агрегата пленка разматывалась, и собирала ворох, сходящий с пруткового элеватора (рис. 5).



Рис. 3 – Общий вид усовершенствованного картофелекопателя КТН-2В
(Fig.3 –General view of the improved potato digger KTN-2V)



Рис.4 – Разработанный рыхлитель клубненосного пласта
(Fig.4–The developed tuberous layer ripper)



а)



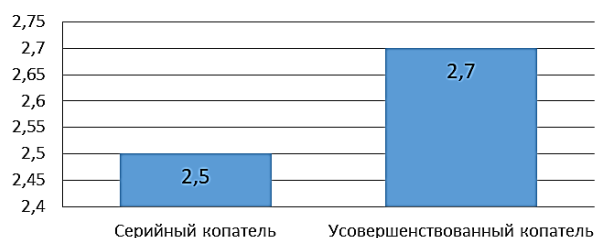
б)

Рис. 5 – Ворох, сошедший с пруткового элеватора серийно выпускаемой машины (а) и усовершенствованной (б)
(Fig.5 –The heap, descended from the rod elevator of a series-produced machine (a) and an improved

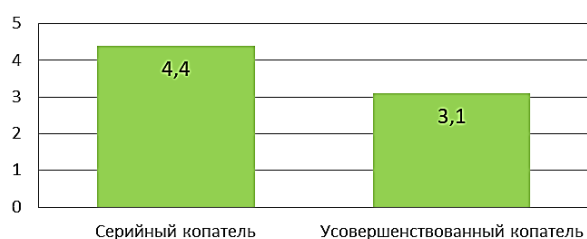
Результаты исследований

После проведения всех запланированных исследований приступили к обработке полученных данных. Результаты исследований серийно выпускаемой и усовершенствованной машины представлены на рисунке 6.

Рабочая скорость, км/ч



Потери клубней, %



Повреждения клубней, %

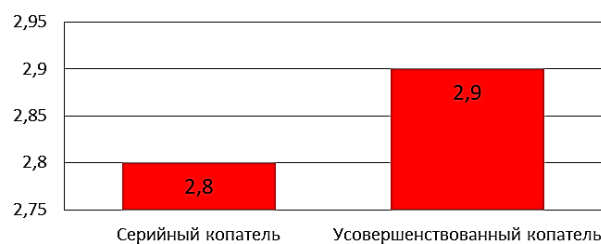


Рис. 6 – Результаты исследований серийно выпускаемой и усовершенствованной машины
(Fig.6 – Research results of a series-produced and an improved machine)

Заключение

Проведенные исследования подтвердили эффективность применения разработанного рыхлителя клубненосного пласта в конструкции простейшего картофелекопателя КТН-2В. Наблюдается снижение потерь клубней картофеля на 1,3 %, вследствие уменьшения количества клубней, присыпанных почвой, не просеянной через элеватор. Наблюдается повышение производительности уборочного агрегата ввиду повышения



его рабочей скорости на 8 %, а также снижения технологических остановок по причине сгуживания клубненосного пласта на лемехах. Однако незначительно возрастают повреждения клубней в пределах агротехнических требований [14, 15, 18].

Также следует отметить, что разработанное устройство позволяет повысить качественные показатели работы не только простейшего копателя, но и более сложных машин – картофелеуборочных комбайнов как отечественного, так и зарубежного производства.

Список источников

1. Бышов, Н. В. Совершенствование сепарации клубнесодержащего вороха на различных этапах технологии уборки / Н. В. Бышов, Ю. В. Якунин, Н. Н. Якутин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2013. – № 1(17). – С. 49-52. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19960494>
2. Голиков, А. А. Совершенствование технологического процесса и рабочего органа сепарации картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Голиков Алексей Анатольевич. – Рязань, 2014. – 138 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22350462>
3. Костенко, М. Ю. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Костенко Михаил Юрьевич. – Рязань, 2011. – 462 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19258046>
4. Об интенсификаторах сепарации картофелеуборочных машин / Н. В. Бышов, Г. К. Рембалович, Н. Н. Якутин [и др.] // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 22 ноября 2018 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 106-109. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37173722>
5. Патент на полезную модель № 132943 U1 Российская Федерация, МПК A01D 21/00. Картофелеуборочная машина : № 2012156047/13 : заявл. 24.12.2012 : опубл. 10.10.2013 / Н. В. Бышов, Ю. В. Якунин, Н. Н. Якутин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38419936>
6. Патент на полезную модель № 195156 U1 Российская Федерация, МПК A01D 17/22, A01D 33/08. Картофелекопатель : № 2019124629 : заявл. 31.07.2019 : опубл. 16.01.2020 / Н. В. Бышов, С. Н. Борячев, В. Д. Липин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42450653>
7. Патент на полезную модель № 213875 U1 Российская Федерация, МПК A01D 17/22. Картофелекопатель : № 2022112215 : заявл. 04.05.2022 : опубл. 04.10.2022 / Н. В. Симонова, С. Н. Борячев, А. В. Шемякин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49538369>
8. Повышение надежности элеваторных картофелекопателей / Н. В. Симонова, С. Н. Борячев, Н. Н. Якутин, И. В. Щавелев // Новации как стратегическое направление механизации и автоматизации сельского хозяйства : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 12 ноября 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 154-159. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47404200>
9. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин : Учебное пособие / Н. В. Бышов, А. А. Сорокин, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2005. – 284 с. – ISBN 5-98660-004-5. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20910727>
10. Рембалович, Г. К. Повышение эффективности уборки картофеля на тяжелых суглинистых почвах совершенствованием сепарирующих органов комбайнов : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Г. К. Рембалович. – Рязань, 2014. – 517 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23601213>
11. Совершенствование подкапывающих рабочих органов картофелекопателя / В. Д. Липин, Н. Н. Якутин, Т. В. Подлеснова, А. В. Безруков // Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 12 декабря 2019 года / Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 166-171. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42732061>
12. Успенский, И. А. Основы совершенствования технологического процесса и снижения энергозатрат картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук



/ И. А. Успенский. – Москва, 1996. – 396 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22859621>

13. Якутин, Н. Н. Совершенствование технологического процесса и средства интенсификации сепарации картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Якутин Николай Николаевич. – Рязань, 2014. – 22 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30411201>

14. Comparative study of the force action of harvester work tools on potato tubers / A. Siberev, A. Aksenov, A. Dorokhov, A. Ponomarev // Research in Agricultural Engineering. – 2019. – Vol. 65. – No 3. – P. 85-90. DOI: <https://doi.org/10.17221/96/2018-RAE>

15. Deng W. Collision simulation of potato on rod separator / W. Deng, C. Wang, S. Xie // International Journal of Food Engineering. – 2021. – 17 (6). DOI: <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0233>

16. Improvement of the working bodies of the harvesting machines by means of the use of composite materials / N. Zhbanov, N. Byshow,

N. Kostenko [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. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00191. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700191>

17. Study of soil separation at a potato chain with a cross rotating agitator / M. Yu. Kostenko, A. A. Ruzimurov, D. N. Byshov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Voronezh, 17–18 октября 2019 года. – Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012032. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012032>

18. Xie S. Experimental study on collision acceleration and damage characteristics of potato / S. Xie, W. Deng, C. Wang, // Journal of Food Process Engineering. – 2020. – 43(24). DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13457>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Byshov, N. V. Sovershenstvovaniye separatsii klubnesoderzhashchego vorokha na razlichnykh etapakh tekhnologii uborki / N. V. Byshov, Yu. V. Yakunin, N. N. Yakutin // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2013. – № 1(17). – S. 49-52. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19960494>

2. Golikov, A. A. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa i rabocheho organa separatsii kartofeleuborochnykh mashin : spetsial'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva" : dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Golikov Aleksey Anatol'yevich. – Ryazan', 2014. – 138 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22350462>

3. Kostenko, M. Yu. Tekhnologiya uborki kartofelya v slozhnykh polevykh usloviyakh s primeneniym innovatsionnykh resheniy v konstruksii i obsluzhivanii uborochnykh mashin : spetsial'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva" : dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Kostenko Mikhail Yur'yevich. – Ryazan', 2011. – 462 s. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19258046>

4. Ob intensifikatorakh separatsii kartofeleuborochnykh mashin / N. V. Byshov, G. K. Rembalovich, N. N. Yakutin [i dr.] // Prioritetnyye napravleniya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii : Materialy Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ryazan', 22 noyabrya 2018 goda. – Ryazan': Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva, 2019. – S. 106-109. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37173722>

5. Patent na poleznuyu model' № 132943 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01D 21/00. Kartofeleuborochnaya mashina : № 2012156047/13 : yayavl. 24.12.2012 : opubl. 10.10.2013 / N. V. Byshov, Yu. V. Yakunin, N. N. Yakutin ; yayavitel' Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego professional'nogo obrazovaniya "Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet imeni P.A. Kostycheva". URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38419936>

6. Patent na poleznuyu model' № 195156 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01D 17/22, A01D 33/08. Kartofelekopatel' : № 2019124629 : yayavl. 31.07.2019 : opubl. 16.01.2020 / N. V. Byshov, S. N. Borychev, V. D. Lipin [i dr.] ; yayavitel' Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya "Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet imeni P.A. Kostycheva". URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42450653>

7. Patent na poleznuyu model' № 213875 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01D 17/22. Kartofelekopatel' : № 2022112215 : yayavl. 04.05.2022 : opubl. 04.10.2022 / N. V. Simonova, S. N. Borychev, A. V. Shemyakin [i dr.] ; yayavitel' Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya "Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet imeni P.A. Kostycheva". URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49538369>

8. Povysheniye nadezhnosti elevatornykh kartofelekopateley / N. V. Simonova, S. N. Borychev, N. N. Yakutin, I. V. Shchhavelev // Novatsii kak strategicheskoye napravleniye mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skogo khozyaystva : Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchonnoy pamyati professora Anatoliya Mikhaylovicha Lopatina (1939-2007), Ryazan', 12 noyabrya 2021 goda / Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii



Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya "Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet imeni P.A. Kostycheva". – Ryazan': Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva, 2021. – S. 154-159. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47404200>

9. Printsipy i metody rascheta i proyektirovaniya rabochikh organov kartofeleuborochnykh mashin : Uchebnoye posobiye / N. V. Byshov, A. A. Sorokin, I. A. Uspenskiy [i dr.]. – Ryazan' : Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva, 2005. – 284 s. – ISBN 5-98660-004-5. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20910727>

10. Rembalovich, G. K. Povysheniye effektivnosti uborki kartofelya na tyazhelykh suglinistykh pochvakh sovershenstvovaniyem separiruyushchikh organov kombaynov : spetsial'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva" : dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / G. K. Rembalovich. – Ryazan', 2014. – 517 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23601213>

11. Sovershenstvovaniye podkapyvayushchikh rabochikh organov kartofelekopatulya / V. D. Lipin, N. N. Yakutin, T. V. Podlesnova, A. V. Bezrukov // Nauchno-innovatsionnyye tekhnologii kak faktor ustoychivogo razvitiya otechestvennogo agropromyshlennogo kompleksa : Materialy Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ryazan', 12 dekabrya 2019 goda / Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva. – Ryazan': Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva, 2019. – S. 166-171. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42732061>

12. Uspenskiy, I. A. Osnovy sovershenstvovaniya tekhnologicheskogo protsessa i snizheniya energozatrat kartofeleuborochnykh mashin : spetsial'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva" : dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / I. A. Uspenskiy. – Moskva, 1996. – 396 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22859621>

13. Yakutin, N. N. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa i sredstva intensivatsii separatsii kartofeleuborochnykh mashin : spetsial'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva" : avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Yakutin Nikolay Nikolayevich. – Ryazan', 2014. – 22 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30411201>

14. Comparative study of the force action of harvester work tools on potato tubers / A. Siberev, A. Aksenov, A. Dorokhov, A. Ponomarev // Research in Agricultural Engineering. – 2019. – Vol. 65. – No 3. – P. 85-90. DOI: <https://doi.org/10.17221/96/2018-RAE>

15. Deng W. Collision simulation of potato on rod separator / W. Deng, C. Wang, S. Xie // International Journal of Food Engineering. – 2021. – 17 (6). DOI: <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0233>

16. Improvement of the working bodies of the harvesting machines by means of the use of composite materials / N. Zhbanov, N. Byshow, N. Kostenko [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. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00191. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700191>

17. Study of soil separation at a potato chain with a cross rotating agitator / M. Yu. Kostenko, A. A. Ruzimurov, D. N. Byshov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Voronezh, 17–18 oktyabrya 2019 goda. – Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012032. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012032>

18. Xie S. Experimental study on collision acceleration and damage characteristics of potato / S. Xie, W. Deng, C. Wang, // Journal of Food Process Engineering. – 2020. – 43(24). DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13457>

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

Симонова Надежда Владимировна, аспирант кафедры строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, naden4ever@mail.ru

Борычев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 89066486088@mail.ru

Author Information

Simonova Nadezhda V., post-graduate student of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, naden4ever@mail.ru

Borychev Sergey N., Doctor of Technical Sciences, First Vice-Rector, Head of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation, tel. +7(4912) 35-88-31, university@rgatu.ru.

Статья поступила в редакцию 01.12.2022; одобрена после рецензирования 09.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 01.12.2022; approved after reviewing 09.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.



Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №4, с. 177-184
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №4, pp 177-184

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.356.46
DOI: 10.36508/RSATU.2022.88.19.023

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБАЙНОВОЙ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕНСИФИКАТОРА СЕПАРИРУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА**

Иван Алексеевич Успенский¹, Иван Александрович Юхин², Имран Парвизович Гаджиев³ ✉, Гюльбике Гудретдиновна Рамазанова⁴

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

^{3,4} Российский государственный аграрный заочный университет, г. Балашиха, Россия

¹ivan.uspensckij@yandex.ru\

²yuival@rambler.ru

³imgadjiev@mail.ru

⁴gulbike@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. При уборке картофеля на переувлажненных почвах увеличивается повреждение клубней из-за залипания просвета между прутками, что приводит к потере урожая. Целью исследования явилось обоснование целесообразности применения картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 с интенсификатором сепарирующего элеватора для уборки картофеля на переувлажненных почвах.

Методология. Объект исследования – картофелеуборочный комбайн КПК-2-01 с интенсификатором. Предложенный интенсификатор расположен в основном элеваторе под прутками и вращается против движения элеватора. При работе на переувлажненных почвах прижимной транспортер, выполняющий функцию интенсификатора, не допускает залипания между прутками, тем самым повышает степень сепарации почвы и уменьшает повреждения клубней. Для выявления эффективности предложенной конструкции был произведен технико-экономический расчет усовершенствованного варианта картофелеуборочного комбайна в сравнении с серийным. По методике определения экономической эффективности технологий сельскохозяйственной техники определялись такие показатели: годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат, экономический эффект от уменьшения потерь урожая и экономический эффект от уменьшения повреждения клубней.

Результаты. При работе картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 с интенсификатором во время уборки картофеля при повышенной влажности 26,3 % не наблюдалось залипания просвета между прутками. Отсутствие залипания просвета между прутками также позволило увеличить рабочую скорость комбайна с 0,84 м/с на 0,86 м/с. Полнота сепарации составила 93,5 %. Повреждения клубней уменьшились почти в два раза. Годовой экономический эффект от применения картофелеуборочного комбайна КПК-2-01, оборудованного прижимным транспортером сепарирующего рабочего органа составил 17148,0 рублей на 1 га уборочной площади при годовой загрузке 200 часов.

Заключение. Результаты исследований показали эффективность работы картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 оснащенного интенсификатором. Полнота сепарации увеличилась за счет очистки прутков элеватора от залипания почвенным пластом и сокращения количества соударений их с прутками элеватора. Годовой экономический эффект от применения картофелеуборочного комбайна КПК-2-01, оборудованного прижимным транспортером сепарирующего рабочего органа, получен за счет уменьшения потерь урожая и повышения производительности.

Ключевые слова: интенсификатор, сепарация почвы, прижимной транспортер, повреждение клубней, картофелеуборочные машины, экономический эффект



Для цитирования: Успенский И.А., Юхин И.А., Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г. Экономическая эффективность комбайновой уборки картофеля с применением интенсификатора сепарирующего элеватора // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т.14, №4. С 177-184 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.88.19.023](https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.88.19.023)

TECHNICAL SCIENCES

Original article

ECONOMIC EFFICIENCY OF POTATOES COMBINE HARVESTING USING THE INTENSIFIER OF THE SEPARATING ELEVATOR

Ivan A. Uspenskiy¹, Ivan A. Yukhin², Imran P. Gadzhiev³✉, Gulbike G. Ramazanova⁴

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

^{3,4}Russian State Agrarian Correspondence University, Balashiha, Russia

¹ivan.uspenskiy@yandex.ru

²yuival@rambler.ru

³imgadzhiev@mail.ru

⁴gulbike@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. When harvesting potatoes on waterlogged soils, damage to tubers increases due to sticking of the gap between the rods, which leads to crop loss. The purpose of the study was to substantiate the feasibility of using the KPK-2-01 potato harvester with an intensifier of a separating elevator for harvesting potatoes on waterlogged soils.

Methodology. The object of study is the KPK-2-01 potato harvester with an intensifier. The proposed intensifier is located in the main elevator under the rods and rotates against the movement of the elevator. When working on waterlogged soils, the pressure conveyor, acting as an intensifier, prevents sticking between the rods, thereby increasing the degree of soil separation and reducing damage to tubers. To identify the effectiveness of the proposed design, a feasibility study of an improved version of the potato harvester was carried out in comparison with the serial one. According to the methodology for determining the economic efficiency of agricultural machinery technologies, the following indicators were determined: the annual economic effect of reducing operating costs, the economic effect of reducing crop losses and the economic effect of reducing tuber damage.

Results. During the harvesting of potatoes at a high humidity of 26.3% during the operation of the KPK-2-01 potato harvester with an intensifier, no sticking of the gap between the rods was observed. The absence of sticking of the gap between the rods also made it possible to increase the operating speed of the combine from 0.84 m/s to 0.86 m/s. The completeness of separation was 93.5%. Damage to tubers decreased by almost two times. The annual economic effect from the use of the KPK-2-01 potato harvester equipped with a pressure conveyor of the separating elevator amounted to 17148.0 rubles per 1 ha of harvested area with an annual load of 200 hours.

Conclusion. The research results showed the efficiency of the KPK-2-01 potato harvester equipped with an intensifier. The completeness of separation increased due to the cleaning of the elevator rods from sticking with soil and the reduction in the number of tubers hitting the elevator rods. The annual economic effect from the use of the KPK-2-01 potato harvester, equipped with the pressure conveyor of the separating working body, was obtained by reducing crop losses and increasing productivity.

Key words: intensifier, soil separation, pressure conveyor, tuber damage, potato harvesters, economic effect

For citation: Uspenskiy I.A., Yukhin I.A., Gadzhiev P.I., Ramazanova G.G. Economic efficiency of potatoes combine harvesting using the intensifier of the separating elevator // Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. T.14, No.4, P 177-184 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.88.19.023](https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.88.19.023)

Введение

Главная проблема при уборке картофеля минимизация потерь и повреждения клубней. В процессе работы картофелеуборочных комбайнов клубни картофеля получают механические повреждения. Объем наносимых повреждений зависит от конструктивных особенностей рабочих

органов и от условий работы, сложившихся на момент уборки [1-3].

Для активизации процесса сепарации почвенно-клубненоносной массы во время комбайновой уборки картофеля на переувлажненных почвах был разработан интенсификатор для сепарирующего устройства картофелеуборочных машин,



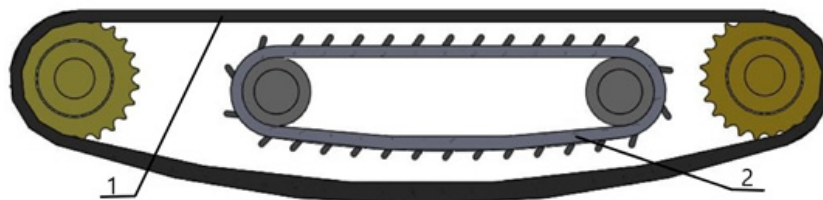
выполненный в виде прижимного транспортера с лопастями. При работе на переувлажненных почвах прижимной транспортер, выполняя функцию интенсификатора, повышает степень сепарации почвы и уменьшает повреждения клубней [4-6].

Цель исследования – обоснование целесообразности применения картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 с интенсификатором сепарирующего элеватора для уборки картофеля на пе-

реувлажненных почвах.

Материалы и методы

В рамках усовершенствования картофелеуборочных машин для работы на переувлажненных почвах разработан интенсификатор в виде прижимного транспортера с лопастями, который размещен под прутками основного элеватора. Лопастки установлены под некоторыми углами. (рис. 1).



1 – сепарирующий элеватор, 2 – интенсификатор с лопастями

Рис. 1 – Сепарирующий элеватор с прижимным транспортером:

(1 – the separating elevator, 2 – the intensifier with blades

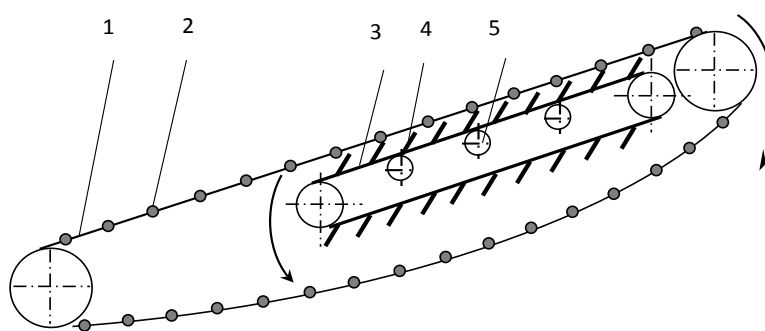
Fig.1 – The separating elevator with the pressure conveyor:)

Транспортер вращается сторону противоположную вращению сепарирующего элеватора картофелеуборочного комбайна, что позволяет очищать зазоры между прутками от залипания, тем самым увеличивается полнота сепарации и уменьшается повреждения клубней картофеля и потери урожая.

Интенсификатор сепарации установлен под рабочим полотном элеватора так, чтобы его лопасти прижимались к полотну без взаимодействия или с минимальным взаимодействием с прутками (рис. 2). Примеси, прошедшие через зазоры между прутками элеватора над интенсификатором, захватываются его лопастями и/или резиновой

лентой и сбрасываются на землю. Упругие лопасти интенсификатора, установленного под рабочим полотном элеватора, выполняют следующие основные функции:

- 1) принудительное перемещение частей пласта относительно прутков элеватора на его полотне, в частности, выталкивание клубней из зазоров между соседними прутками в том случае, когда клубни закрывают зазоры;
- 2) очистка клубней;
- 3) транспортирование отсепарированных примесей без заклинивания их между лопастью и прутком.



1 – полотно основного элеватора; 2 – прутки основного элеватора;

3 – полотно резинового транспортера интенсификатора; 4 – лопасть; 5 – поддерживающий ролик

Рис. 2 – Основной элеватор с интенсификатором сепарации

(1 – canvas of the main elevator; 2 – bar of the main elevator;

3 – canvas of the rubber conveyor of the intensifier; 4 – blade; 5 – supporting roller)

Fig.2 – Main elevator with separation intensifier)

Выталкивание клубней и примесей из зазоров между прутками на рабочее полотно элеватора увеличивает живое сечение полотна и повышает эффективность сепарации фракций примесей, прошедших через зазоры [7-10].

Картофелеуборочный комбайн КПК-2-01 применялся на уборке картофеля, посаженного четырехрядными картофелесажалками на почвах выщелоченный чернозем на полях фермерского

хозяйства «Радуга» Быкова В.Д., Курская область, Курский район, п. Камыши. Фактическая выработка картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 в уборочный сезон в хозяйственных условиях в 2022 году составила 15 гектаров.

В таблице 1 приведены сравнительные показатели качества выполнения технологического процесса картофелеуборочным комбайном КПК-2-01 серийным и усовершенствованным.



Таблица 1 – Сравнительные показатели качества выполнения технологического процесса картофелеуборочным комбайном КПК-2-01

Показатели	Значения показателей	
	КПК-2-01 серийный	КПК-2-01 усовершенствованный
Вид работы	Уборка	
Скорость комбайна, км/ч	3,02	3,10
Полнота выкапывания клубней, %	97,8	98,9
Оставлено на поверхности, % в том числе: не оторвано от ботвы всего потерь	- 2,2	- 1,1
Чистота в таре, %: в том числе: клубни почва растительные остатки	88,9 10,1 1,0	97,8 1,3 0,9

Для выявления эффективности работы предложенной конструкции был произведен технико-экономический расчет усовершенствованного варианта картофелеуборочного комбайна при уборке картофеля. Расчет технико-экономической эффективности от внедрения сепарирующего элеватора с интенсификатором, выполненного в виде транспортера с лопастями, проводился по методике определения экономической эффективности технологий сельскохозяйственной техники [11, 12].

Согласно, указанной методике, для расчета необходимо сравнить данные затрат серийной и усовершенствованного варианта картофелеуборочного комбайна.

Для сепарирующего элеватора с транспортером экономическая эффективность рассчитывается как произведение разницы между приведенными к

единице затратами серийной Z_1 и усовершенствованной Z_2 версий на норму годового объема работ B_2 [11]:

$$Z_3 = (Z_1 - Z_2) \cdot B_2, \quad (1)$$

Выше рассматриваемые потери при работе на переувлажненных почвах представляют собой совокупность операционных затрат общего характера $Z_{\text{экс}}$ и нормативной прибыли H_n :

$$Z = Z_{\text{экс}} + H_n, \quad (2)$$

H_n – нормативная прибыль от капитальных вложений, руб/га.

В таблице 2 приведены исходные данные для проведения технико-экономической оценки применения сепарирующего элеватора с интенсификатором картофелеуборочного комбайна, в ценах 2022 г.

Таблица 2 – Исходные данные для проведения технико-экономической оценки применения модернизированного варианта картофелеуборочного комбайна (использовались средние цены на 2022 г.)

Наименование показателей	Единицы измерения	Картофелеуборочный комбайн КПК-2-01	
		Серийный	Усовершенствованный
Модель трактора		МТЗ-82	МТЗ-82
Цена картофелеуборочного комбайна	руб.	3500000	3650000
Нормативная годовая загрузка комбайна	час	200	200
Количество обслуживающего персонала	чел.	1	1
Часовая оплата трактористов V разряда с учетом всех видов доплат	руб./ч	618,96	618,96
Урожайность картофеля	т/га	38,2	38,2
Коэффициент амортизационных отчислений	%	12,5	12,5
Коэффициент отчислений на ремонт и техническое обслуживание	%	2,0	2,0
Расход ГСМ	кг/ч	24,6	24,7
Комплексная цена 1 кг ГСМ	руб.	48	48
Закупочная цена картофеля: продовольственного	руб./т	12000	12000
поврежденного		6705	6705



Срок службы картофелеуборочного комбайна	лет	8	8
Рабочая скорость	км/ч	3,01	3,25
Ширина захвата	м	1,4	1,4
Потери клубней	%	4,5	2,3
Повреждение клубней	%	4,92	2,65
Площадь для хранения комбайна	м ²	60,0	60,0
Удельная стоимость 1 м ² места для хранения комбайна	руб./м ²	205	205
Норма финансирования на амортизацию и ремонт мест хранения с/х техники	%	8,0	8,0
Годовая загрузка картофелеуборочного комбайна	час	200	200
Коэффициент использования времени смены		0,85	0,90

Результаты и обсуждение

Анализ материалов работы картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 показывает, что средняя производительность за час чистой работы для серийного комбайна составила 0,346 га, для комбайна с интенсификатором – 0,410 га.

Низкая производительность серийного комбайна объясняется ухудшением полноты сепарации, а также снижением скорости комбайна из-за переувлажненности почвы до 26,3%.

Достоинства комбайна, оснащённого с интенсификатором, является повышение полноты сепарации почвы, снижение потери клубней, уменьшение повреждения клубней, что сделало их годным для длительного хранения.

Применение интенсификатора на сепарирующем элеваторе устранило сгуживание почвы при выполнении технологического процесса картофелеуборочного комбайна (рис. 3). Как видно из рисунка после прохода комбайна на поле не осталось не убранных клубней.



Рис. 3 – Картофелеуборочный комбайн КПК-2-01 в работе
(Fig.3 –The KPK-2-01 potato harvester in operation)

В таблице 3 представлены результаты расчета, согласно методике, приведенной Д.А. Лапиным [13].

Таблица 3 – Результаты расчета эксплуатационных затрат

Статьи затрат	Обозначение	Единицы измерения	Картофелеуборочный комбайн КПК-2-01	
			Серийный	Усовершенствованный
Амортизационные отчисления	$З_a$	руб./га	3417,97	3082,77
Отчисления на техническое обслуживание и ремонт	$З_{то}$	руб./га	3540	3116
Стоимость горючесмазочных материалов	$З_{гсм}$	руб./га	3412,72	2891,70



Продолжение таблицы 3

Затраты на хранение техники	$З_{\text{ХР}}$	руб./га	14,22	12,0
Оплата труда механизаторов	$З_{\text{О}}$	руб./га	1788,90	1509,65
Итого эксплуатационных затрат	$З_{\text{ЭКС}}$	руб./га	12173,81	10612,12
Удельные капиталовложения	K_y	руб./га	50578	44512
Нормативная прибыль от капиталовложений	$H_{\text{П}}$	руб./га	7586,7	6676,8
Приведенные затраты на единицу выполненной работы	$З$	руб./га	19760,51	17288,92

Подсчитан экономический эффект от уменьшения потерь урожая, полученные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Годовой экономический эффект от применения картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 с интенсификатором сепарации почвы

Статьи затрат	Обозначение	Единицы измерения	Величина эффекта
Годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат	ЭЭ	руб./га	2471,59
		руб	54374,98
Экономический эффект от уменьшения потерь урожая	ЭП	руб./га	10084,80
		руб	221865,6
Экономический эффект от уменьшения повреждения клубней	ЭПОВ	руб./га	4592,0
		руб	101013,0
Суммарный годовой экономический эффект	ЭСУМ	руб./га	17148,0
		руб	377256,0

Общий экономический эффект, достигнутый путем внедрения усовершенствованного картофелеуборочного комбайна КПК-2-01, который оснащен интенсификатором сепарирующего элеватора, составил 17148,0 рублей на 1 га уборочной площади при годовой загрузке 200 часов.

Заключение

Годовой экономический эффект от применения картофелеуборочного комбайна КПК-2-01, оснащенного интенсификатором сепарирующего элеватора, составил 17148,0 рублей на 1 га уборочной площади при загрузке 200 часов.

Установлено, что экономический эффект от внедрения картофелеуборочного комбайна, оснащенного интенсификатором, получен за счет уменьшения потерь урожая и повышения производительности комбайна.

Список источников

1. Колчин, Н.Н. Как снизить повреждение клубней в машинных технологиях / Н.Н. Колчин, А.Г. Пономарев, С.Н. Петухов // Картофель и овощи. – 2019. – №3. – С.14-16. – DOI: 10.25630/PAV.2019.48.28.002
2. Рембалович, Г.К. Повышение эффективно-

сти уборки картофеля на тяжелых суглинистых почвах совершенствованием сепарирующих органов комбайнов: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Рембалович Георгий Константинович. – Рязань, 2014. – 517 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005101723>

3. Борячев, С.Н. Технологии уборки картофеля: общие вопросы [Текст] / С.Н. Борячев, И.В. Лучкова // Материалы 70-й Международной научно-практической конференции «Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса». – Рязань, РГАУ. – 2019. – С.71-75. – URL: http://www.rgatu.ru/archive/sborniki_konf/23_05_19/sbor_3.pdf

4. Гаджиев, П.И. Теоретическое исследование подкапывающего лемеха картофелеуборочного агрегата для снижения потерь урожая и эрозии почвы / П.И. Гаджиев, Е.В. Шестакова, Г.Г. Рамазанова // Инженерные технологии и системы. – 2022. – Т.32. – № 2. – С. 263-278. – DOI 10.15507/2658-4123.032.202202.263-278

5. Гаджиев, П.И. Влияние технологических приемов на урожайность картофеля / П.И. Гаджиев, А.П. Башкиров, Г.Г. Рамазанова, И.П. Гаджиев,



Н.С. Шершнева // Наука в центральной России. – 2022. – № 3(57). – С. 41-47 – DOI 10.35887/2305-2538-2022-3-41-47

6. Kostenko, M.Y. Study of soil separation at a potato chain with a cross rotating agitator / M.Y. Kostenko, A.A. Ruzimurodov, D.N. Byshov, A.A. Golakhov, N.N. Yakutin. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. – 422(1). – 012032

7. Гаджиев, П.И. Условия работы сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин на переувлажненных почвах / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, И.П. Гаджиев // Наука в центральной России. – 2022. – № 2(56). – С.98-106 – DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-98-106

8. Шемякин, А.В. Совершенствование сепарирующей способности элеватора картофелеуборочных машин на переувлажненных почвах / А.В. Шемякин, П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, И.П. Гаджиев // Материалы международной научно-практической конференции «Инновации в сельскохозяйственном машиностроении, энергосберегающие технологии и повышение эффективности использования ресурсов», посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина. – Рязань, РГАТУ. – 2022. – С.332-337. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49723558>

9. Aniket, U. Development of potato harvesting model / U. Aniket, B. Rahul, D. Sarthak, R. Vipul,

Ch. Deepak // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). – 2017. – 4. –1567-1570.

10. Нестерович, Э.О. Исследование воздействия на клубненосный пласт элеватора картофелеуборочной машины [Текст] / Э.О. Нестерович, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ. – 2018. – №1 (37). – С.89-95. – URL: <https://www.elibrary.ru/download/elibrary>

11. Шпилько, А.В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А.В. Шпилько, В.И. Драгайцев, П.А. Тулапин [и др.] // ВНИИЭСХ. – М., 1998. – 219 с. – URL: <https://www.studmed.ru/shpilko-a-v>

12. Жбанов, Н.С. Исследование эксплуатационных показателей картофелеуборочных машин с модернизированными рабочими органами / Н.С. Жбанов, Д.В. Евтехов, Р.В. Безносук [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ. – 2021. – № 1 (49). С. 112-119 – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.017.

13. Лапин, Д.А. Сравнение интенсификаторов сепарирующих элеваторов по воздействию на компоненты картофельного вороха [Текст] / Д.А. Лапин // Вестник РГАТУ. – 2018. – С.135-137. – URL: <https://www.elibrary.ru/download/elibrary>

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Kolchin, N.N. Kak snizit' povrezhdeniye klubney v mashinnykh tekhnologiyakh / N.N. Kolchin, A.G. Ponomarev, S.N. Petukhov // Kartofel' i ovoshchi. – 2019. – №3. – С. 14-16. – DOI: 10.25630/PAV.2019.48.28.002

2. Rembalovich, G.K. Povysheniye effektivnosti uborki kartofelya na tyazhelykh suglinistykh pochvakh sovershenstvovaniyem separiruyushchikh organov kombaynov: dis. ... dokt. tekhn. nauk: 05.20.01 / Rembalovich Georgiy Konstantinovich. – Ryazan', 2014. – 517 s. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005101723>

3. Borychev, S.N. Tekhnologii uborki kartofelya: obshchiye voprosy [Tekst] / S.N. Borychev, I.V. Luchkova // Materialy 70-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Vklad universitetskoy agrarnoy nauki v innovatsionnoye razvitiye agropromyshlennogo kompleksa». – Ryazan', RGATU. – 2019. – С.71-75. – URL: http://www.rgatu.ru/archive/sborniki_konf/23_05_19/sbor_3.pdf

4. Gadzhiyev, P.I. Teoreticheskoye issledovaniye podkapyvayushchego lemekha kartofeleuborochnogo agregata dlya snizheniya poter' urozhaya i erozii pochvy / P.I. Gadzhiyev, Ye.V. Shestakova, G.G. Ramazanova // Inzhenernyye tekhnologii i sistemy. – 2022. – Т.32. – № 2. – С. 263-278. – DOI 10.15507/2658-4123.032.202202.263-278

5. Gadzhiyev, P.I. Vliyaniye tekhnologicheskikh priyemov na urozhaynost' kartofelya / P.I. Gadzhiyev, A.P. Bashkirov, G.G. Ramazanova, I.P. Gadzhiyev, N.S. Shershnev // Nauka v tsentral'noy Rossii. – 2022. – № 3(57). – С. 41-47 – DOI 10.35887/2305-2538-2022-3-41-47

6. Kostenko, M.Y. Study of soil separation at a potato chain with a cross rotating agitator / M.Y. Kostenko, A.A. Ruzimurodov, D.N. Byshov, A.A. Golakhov, N.N. Yakutin. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. – 422(1). – 012032

7. Gadzhiyev, P.I. Usloviya raboty separiruyushchego elevatora kartofeleuborochnykh mashin na pereuvlazhennnykh pochvakh / P.I. Gadzhiyev, G.G. Ramazanova, I.P. Gadzhiyev // Nauka v tsentral'noy Rossii. – 2022. – № 2(56). – С.98-106 – DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-98-106

8. Shemyakin, A.V. Sovershenstvovaniye separiruyushchey sposobnosti elevatora kartofeleuborochnykh mashin na pereuvlazhennnykh pochvakh / A.V. Shemyakin, P.I. Gadzhiyev, G.G. Ramazanova, I.P. Gadzhiyev // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsii v sel'skokhozyaystvennom mashinostroyenii, energosberegayushchiye tekhnologii i povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya resursov», posvyashchennoy pamyati d.t.n., professora, zasluzhennogo deyatelya nauki i tekhniki RSFSR, akademika RAT Nikolaya Nikolayevicha Kolchina. – Ryazan', RGATU. – 2022. – С.332-337. – URL: <https://elibrary.ru/>



item.asp?id=49723558

9. Aniket, U. Development of potato harvesting model / U. Aniket, B. Rahul, D. Sarthak, R. Vipul, Ch. Deepak // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). – 2017. – 4. – 1567-1570.

10. Nesterovich, E.O. Issledovaniye vozdeystviya na klubnosnyy plast elevatora kartofeleuborochnoy mashiny [Tekst] / E.O. Nesterovich, N.V. Byshov, S.N. Borychev, G.K. Rembalovich // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – Ryazan', RGATU. – 2018. – №1 (37). – S. 89-95. – URL: <https://www.elibrary.ru/download/elibrary>

11. Shpil'ko, A.V. Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki / A.V. Shpil'ko, V.I. Dragaytsev, P.A. Tulapin [i dr.] // VNIIESKH. – M., 1998. – 219 s. – URL: <https://www.studmed.ru/shpilko-a-v>

12. Zhanov, N.S. Issledovaniye ekspluatatsionnykh pokazateley kartofeleuborochnykh mashin s modernizirovannymi rabochimi organami / N.S. Zhanov, D.V. Yevtekhov, R.V. Beznosyuk [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – Ryazan', RGATU. – 2021. – № 1 (49). S. 112-119 – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.017.

13. Lapin, D.A. Sravneniye intensivatorov separiruyushchikh elevatorov po vozdeystviyu na komponenty kartofel'nogo vorokha [Tekst] / D.A. Lapin // Vestnik RGATU. – 2018. – S. 135-137. – URL: <https://www.elibrary.ru/download/elibrary>

Contribution of the authors:

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

The authors declare no conflict of interest.

Информация об авторах

Успенский Иван Алексеевич, д-р. техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ivan.uspenskiy@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, доцент, зав. каф. автотракторной техники и теплоэнергетики ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», yuival@rambler.ru

Гаджиев Имран Парвизович, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет», imgadjiev@mail.ru

Рамазанова Гюльбике Гудретдиновна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет», gulbike@yandex.ru

Author Information

Uspenskiy Ivan A., PhD in Engineering, Professor, the federal state-owned publicly-funded institution of higher education «Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev», ivan.uspenskiy@yandex.ru

Yukhin Ivan A., PhD in Engineering, associate Professor, the federal state-owned publicly-funded institution of higher education «Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev», yuival@rambler.ru

Hadzhiev Imran P., postgraduate student, degree seeking applicant, the federal of the federal state-owned publicly-funded institution of higher education «Russian State Agrarian Correspondence University», imgadjiev@mail.ru

Ramazanova Gulbike G., PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Environmental Engineering and Water Resources Management of the federal state-owned publicly-funded institution of higher education «Russian State Agrarian Correspondence University», gulbike@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 25.11.2022; одобрена после рецензирования 10.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 25.11.2022; approved after reviewing 10.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 621.362

DOI: 10.36508/RSATU.2022.57.35.024

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ КРУГЛОГОДИЧНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ САДОВОЙ ЗЕМЛЯНИКИ

Александр Андреевич Цымбал[✉], Игорь Иванович Чухляев², Николай Владимирович Лимаренко³, Иван Алексеевич Успенский⁴, Игорь Александрович Мурог⁵

²Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства,

^{3,4}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия

³ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, Россия

⁵Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г.Рязань, Россия

¹tcimbala@yandex.ru

²fnscad@fnscad.ru

³limarenkodstu@yandex.ru

⁴ivan.uspensckij@yandex.ru

⁵rsu@365.rsu.edu.ru

Проблема и цель. В статье рассмотрены технологические и технические решения, обеспечивающие круглогодичное выращивание садовой земляники. На основании обобщения имеющего опыта формализованы составляющие технологических решений по выращиванию садовой земляники в Подмосковье. Доказано, что имеющийся опыт может быть спроецирован и на другие области со схожими климатическими характеристиками. На основании проведенного анализа установлен дефицит технологических и технических решений, обеспечивающих эффективную круглогодичную механизацию садовой земляники. Исходя из этого выбрана цель исследования, представляющая обоснование выбора наиболее рациональных технических и технологических решений с точки зрения обеспечения их применения при круглогодичном выращивании ягод земляники. Достижение данной цели является важным моментом для развития агропромышленного комплекса РФ.

Методология. Предложена «улучшенная» технология выращивания ягод, представляющая собой применение плантации первого года жизни как питомника для получения рассады. Использование данного подхода обеспечивает агрономическую эффективность последующего севооборота поля. Результатом является получение в последующие три года плодоносящих плантаций с возможностью круглогодичного получения ягод. В качестве инструмента определения фенофазы предложено использование «индикаторов», представляющих собой специально оставленные растения.

Результаты. В ходе проведенного исследования доказано, что наибольший агрономический и экономический эффект при механизации круглогодичного выращивания ягод садовой земляники в текущих условиях может быть обеспечен путём соединения в одном хозяйстве производства ягод и процесса выращивания посадочного материала. Ориентировочный агрономический эффект оценивается приростом урожайности земляники на полях севооборота, который составит: в первый год плодоношения – 50 ц/га, во второй – 100 ц/га, в третий – 70 ц/га (в целом, средняя урожайность 78 ц/га).

Заключение. Предложены технологические решения круглогодичного выращивания: периодическое удаление усов, сухих листьев, поливы водой с температурой не ниже 15-18°C не менее 2-3 раз в неделю; подкормы специальными капельницами с расходом воды порядка 80-100 мл на 1 растение, а также раз в две недели растворами макро- и микроудобрений; использование определённых конфигураций конструкционной компоновки мобильных стеллажей. Предложены перспективные технические решения круглогодичного выращивания в виде пневмоакустических распылителей различных жидкостей и конструкции платформы для сбора ягод земляники.

Ключевые слова: садовая земляника, круглогодичное выращивание, технологические и технические решения

Для цитирования: Цымбал А.А., Чухляев И.И., Лимаренко Н.В., Успенский И.А., Мурог И.А. Технические и технологические решения круглогодичного выращивания садовой земляники // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т.14, №4. С 185-192 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.57.35.024>

**TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR YEAR-ROUND GROWING OF GARDEN STRAWBERRY**

Alexander A. Tsymbal¹, **Igor I. Chukhlyaev²**, **Nikolai V. Limarenko³**, **Ivan A. Uspensky⁴**, **Igor A. Murog⁵**

²Federal Scientific Breeding and Technological Center for Horticulture and Nursery,

^{3,4}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

³FGBOU HE Don State Technical University, Russia

⁵Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Ryazan, Russia

¹tcimbalaa@yandex.ru

²fnscad@fnscad.ru

³limarenkodstu@yandex.ru

⁴ivan.uspensckij@yandex.ru

⁵rsu@365.rsu.edu.ru

Problem and purpose. The article considers technological and technical solutions that provide year-round cultivation of garden strawberries. Based on the generalization of the existing experience, the components of technological solutions for growing garden strawberries in the Moscow region are formalized. It is proved that the experience can be projected to other areas with similar climatic characteristics. Based on the analysis, a shortage of technological and technical solutions has been established that provide effective year-round mechanization of garden strawberries. Based on this, the purpose of the study was chosen, which represents the rationale for choosing the most rational technical and technological solutions in terms of ensuring their use in the year-round cultivation of strawberries. Achieving this goal is an important moment for the development of the agro-industrial complex of the Russian Federation.

Methodology. An "improved" technology for growing berries is proposed, which is the use of a plantation of the first year of life as a nursery for seedlings. The use of this approach ensures the agronomic efficiency of the subsequent crop rotation of the field. The result is the receipt of fruit-bearing plantations in the next three years with the possibility of year-round production of berries. As a tool for determining the phenophase, the use of "indicators", which are specially left plants, is proposed.

Results. In the course of the study, it was proved that the greatest agronomic and economic effect during the mechanization of year-round cultivation of garden strawberries under current conditions can be achieved by combining the production of berries and the process of growing planting material in one farm. The approximate agronomic effect is estimated by the increase in the yield of strawberries in the fields of crop rotation, which will be: in the first year of fruiting - 50 centners / ha, in the second - 100 centners / ha, in the third - 70 centners / ha (in general, the average yield is 78 centners / ha).

Conclusion. Technological solutions for year-round cultivation are proposed: periodic removal of mustaches, dry leaves, watering with water at a temperature not lower than 15-18°C at least 2-3 times a week; feeding with special droppers with a water consumption of about 80-100 ml per 1 plant, as well as once every two weeks with solutions of macro- and microfertilizers; the use of certain configurations of the structural layout of mobile racks. Promising technical solutions for year-round cultivation in the form of pneumoacoustic sprayers of various liquids and the design of a platform for collecting strawberries are proposed.

Key words: garden strawberries, year-round cultivation, technological and technical solutions

For citation: Tsymbal A.A., Chukhlyaev I.I., Limarenko N.V., Uspensky I.A., Murog I.A. Technical and technological solutions for year-round cultivation of garden strawberries // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. V.14, No. 4. P 185-192 From <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.57.35.024>

Введение

Садовая земляника – вечнозеленое растение, что предопределяет возможность круглогодичного выращивания ее в разнообразных условиях как открытого, так и защищенного грунта (в зимних теплицах или, что более эффективно, в темных отапливаемых и искусственно освещаемых помещениях). В открытом грунте уборка урожая короткодневных сортов земляники раннего, среднего и позднего сроков созревания ягод длится в летний период в течение 30-40 дней. Для получения более раннего (на 10-14 дней) урожая на плантациях

необходимо и достаточно установить временные пленочные укрытия в виде малогабаритных туннелей. Такие же укрытия приемлемо использовать и при выращивании ремонтантных (длиннодневных и нейтрально дневных) сортов, дающих второй осенний урожай. В открытом грунте возможно выращивать три партии растений земляники для получения ягод в различные сроки. Сроки выращивания ягод применительно к Подмосковию представлены в таблице 1.



Таблица 1 – Периодичность выращивания ягод земляники в Подмосковье

Месяц	Группы сортов	Способ насаждения				
		открытый грунт с плёночным укрытием	открытый грунт		защищённый грунт (контейнерные растения)	
		Короткодневные	Ремонтантные	Короткодневные	Ремонтантные	
январь						
февраль						
март						
апрель						
май						
июнь						
июль						
август						
сентябрь						
октябрь						
ноябрь						
декабрь						

Примечание к таблице 1: оранжевым, синим и зелёным цветами обозначены периоды сбора ягод, чёрным маркером – периоды начала вегетации

На основании проведённого анализа источников, а также результатов исследований, доказана важность и экономическая целесообразность разработки технических и технологических решений круглогодичного выращивания земляники.

Цель исследования – обосновать выбор наиболее рациональных технических и технологических решений с точки зрения обеспечения их применения при круглогодичном выращивании ягод.

Материалы и методы исследования

Известно, что при закладке промышленных плантаций земляники в открытом грунте важно снизить затраты на посадочный материал и пики напряженности в труде, что делает рациональным использование «улучшенной» технологии [1]. Суть этой технологии сводится к использованию плантации первого года жизни как питомника для получения рассады очередного закладываемого поля севооборота. В результате в последующие три года получим плодоносящую плантацию для получения ягод. Севооборот для выращивания земляники по «улучшенной» технологии включает в себя 6 полей:

- 1) земляника новосадка (в т. ч. питомник 4 %);
- 2) земляника 1 года плодоношения (50 %) + питомник (50 %) + тюльпаны (уплотнитель);
- 3) земляника 2 года плодоношения + тюльпаны;
- 4) земляника 3 года плодоношения + озимая рожь;

5) озимая рожь + белая горчица (сидерат);

6) кукуруза (на силос) + чистый пар [1]. Специфика использования «улучшенной» технологии заключается в необходимости закладки очередного поля земляники весной контейнерной рассадой категории «сертифицированная» по схеме 90х30 см. (37 тыс. шт/га) не на всей площади поля, а только на его определенной части (порядка 4 %); посадку рассады проводят после предварительного мульчирования почвы темной пленкой или полимерным материалом (шириной 0,5 м). Для обеспечения собственной рассадой на оставшейся площади поля выращивание «репродукционной» рассады проводят путем периодического (через 10-15 дней) отделения и укоренения розеток с получением контейнерных растений с закрытой корневой системой [2, 3]; цветоносы на маточных растениях в первый год жизни удаляют вручную. Для усиления усообразования маточные растения опрыскивают (60 г/л) раствором гиббереллиновой кислоты [4] двукратно: во время выдвижения цветоносов и в начале цветения. Фенофазы определяют, наблюдая за специально оставленными несколькими сигнальными растениями; на второй год посадки на 50 % площади проводят уборку урожая, а на остальной – выращивают «репродукционную» рассаду для реализации в качестве товарной продукции. Осенью же в рядах земляники с целью повышения продуктивной и экономической отдачи освобожденной почвы проводят уплотне-

ние посадкой тюльпанов; работы по посадке растений, отделению розеток и удалению цветоносов, а также ручному сбору ягод в малообъемную тару проводят с использованием одноместных мобильных платформ (рис. 1) [4, 5]. В период уборки ягод проводят их сортировку, чтобы ягоды первого и

второго сбора использовать для реализации и потребления в свежем виде, а оставшиеся – для переработки. В таблице 2 представлен пример расчета необходимого посадочного материала для закладки очередного поля площадью 5 га. (табл. 2.)

Таблица 2 –Закладка очередного поля земляники на площади 5 га

Категория рассады	«Сертифицированная»	«Репродукционная»			
Сроки посадки	Апрель-май	20 июля – 5 августа	15-25 августа	5-15 сентября	Апрель-май
Число растений, тыс. шт.	9,0	40,0	50,0	40,0	50,0
Площадь, га (%)	0,2 4	1,1 22	1,3 26	1,1 22	1,3 26



а) вид спереди



б) вид сбоку

Рис. 1 – Один из вариантов опытных образцов платформы для сбора ягод земляники
(Fig.1– One of the options for prototypes of the platform for picking strawberries)

Конструкция платформы, представленная на рисунке 1 отличается тем, что сборщик ягод, сидя на устройстве между двумя рядами земляники, передвигается спиной к направлению движения, отталкиваясь от почвы ногами. При этом сборщик сам оптимизирует режим перемещения, проводит выборочный съем ягод, а заполненную ими отдельную тару оставляет между рядами, заменяя её пустой тарой, находящейся на платформе. Тару с собранными ягодами вывозят с плантации другие работники на грузовой платформе. Таким образом, производится двухступенчатая уборка урожая ягод.

Реально достижимая урожайность земляники на полях севооборота составит: в первый год плодоношения – 50 ц/га, во второй – 100 ц/га, в третий – 70 ц/га (а в целом, средняя урожайность 78 ц/га).

Поступление урожая земляники при сборах ягод через 3-4 дня (например, в условиях Подмосковья) может быть следующим (усреднено, в %): первый сбор – 2, второй – 15, третий – 30, четвер-

тый – 30, пятый – 15, шестой – 8. В соответствии с этим нормы выработки при полумеханизированном сборе ягод следует устанавливать в зависимости от урожайности при выборочных (первом и втором) сборах – 16-20 кг/смену, при массовых сборах (третий, четвертый) – 72-96 кг/смену, при заключительных сборах – 8-16 кг/смену.

При этом следует иметь ввиду, что в севообороте на земляничных полях кроме ягод земляники возможен выход дополнительной продукции в виде рассады земляники, цветов и луковиц тюльпанов. На пятом и шестом полях севооборота получают семена озимой ржи и силосную массу кукурузы.

В защищенном же грунте целесообразно выращивать короткодневные и ремонтантные сорта в контейнерах с размещением их в вертикальной плоскости [5]. Здесь возможны три партии растений с периодами выгонки (табл. 1):

1. Короткодневные сорта – с 15 февраля (сбор ягод с 20 апреля по 20 мая и второй урожай с 25



декабря по 20 января).

2. Ремонтантные сорта – с 15 февраля (сбор ягод с 20 апреля по 20 мая и второй урожай с 25 декабря по 20 января).

3. Ремонтантные сорта – с 15 декабря (сбор ягод с 1 марта по 1 апреля).

Для повышения конкурентоспособности земляники при выращивании в защищенном грунте представляется целесообразным совмещение процесса производства посадочного материала (рассады) с подготовкой растений к выгонке при 2-х-летнем цикле эксплуатации и получением вне-сезонных ягод («выгонка»).

При внесезонной выгонке особую ценность приобретают растения сортов земклуники - гибрида земляники и клубники с преобладанием клубничного аромата ягод, а также с большим коэффициентом размножения.

Для этого исходные растения («сертифицированная» рассада) высаживают весной в контейнеры (например, цветочные ящики) с субстратом (не менее 200 см³ на 1 растение), и размещают их на мобильных стеллажах (рис. 2), вмещающих до 60 шт. растений на 1 м².

Растения выращивают в течение 8 месяцев (с февраля по октябрь) в качестве маточных для получения рассады с закрытой корневой системой, используемой для контейнерной культуры и закладки промышленных плантаций открытого грунта.

Варианты исполнения конструкции систем размещения и формы контейнеров, схем их компоновки друг с другом и стабильности мест установки определяются пользователями в зависимости от целей и объемов применения выращиваемых растений.

При круглогодичном выращивании земляники, совмещенном с производством посадочного материала, следует обращать внимание на следующие особенности.

1. Выращивание маточных растений предпочтительно проводить при температуре воздуха 25-27° С, световом дне 14-16 часов с интенсивностью освещения 0,0908 квт/м² (10-15 тыс. лк.) и потребностью в световой энергии 44,98 мДж/м² [6].

2. Удаление цветоносов (при их наличии) и опрыскивание растений гиббереллином (60 мг/л) в фазе выдвижения цветоносов и начале цветения (на сигнальных растениях).

3. Периодическое отделение розеток от маточных растений и пикировка их в контейнеры с субстратом объемом 100-150 см³ на 1 растение и размещением в 5-7 см. друг от друга.

4. Регулярная подкормка маточных растений комплексом минеральных удобрений с преимущественным содержанием азота [7].

5. Укоренение розеток в условиях искусственного тумана на мобильных стеллажах в течение 20-30 дней с применением пневмоакустических распылителей жидкостей (ПАРЖ) (рис. 3).

6. При угасании усобиобразования контейнеры с растениями перемещают в условия прохождения периода покоя на 20-30 дней при температуре 5-7° С.

7. После периода покоя растения выращивают в прежнем режиме, продолжая отделение и пики-

ровку розеток.

8. Реализацию рассады проводят регулярно по мере её готовности по стандарту и в сроки установленные для посадки земляники в конкретной местности.

9. Рассаду, произведенную в другие сроки, охлаждают в течение не менее 1000 час. При температуре воздуха 5-7° С и сохраняют до момента посадки при температуре 1-2° С (в контейнерах на стеллажах или без субстрата в полиэтиленовых мешках) [8].

10. Ожидаемый выход рассады при выращивании растений в течение 12 месяцев составляет 100 шт. с одного растения.



Рис. 2 – Макет одного из вариантов конструктивной компоновки мобильного стеллажа (Fig.2–Model of one of the options for the structural layout of the mobile rack)



а) многофункциональный



б) специализированный с целевыми резонаторами

Рис. 3 – Пневмоакустические распылители жидкости

(Fig.3–Pneumoacoustic liquid sprayers)

Примерный календарь работ при выращивании рассады земляники в защищенном грунте включает в себя: выращивание маточных растений – с февраля до ноября (9 месяцев), отделение и пикировка розеток – март-октябрь (8 месяцев), хранение маточных растений – ноябрь-январь (3 месяца), хранение рассады – ноябрь-апрель (5 месяцев), реализация рассады – апрель-сентябрь (6 месяцев).

На второй год жизни растения в контейнерах используют для получения ягод. Гарантией успешного плодоношения растений земляники (не менее 200 г с 1 растения) является не только закладка и дифференциация цветковых почек у короткодневных и ремонтантных сортов - в течение 50-60 дней, но и прохождение периода покоя при температуре 5-7° С в течение 20-30 дней. Для пол-

ноценного формирования цветоносов у короткодневных сортов земляники требуется пониженная температура воздуха (14-16° С) при длине светового дня 8-12 часов. Цветоносы у ремонтантных сортов формируются при повышенной дневной температуре воздуха 18-22° С и длине светового дня 12-17 часов.

В Московской области определенные трудности может представить получение свежих ягод к Новому году и к 1 марта, поскольку в этих случаях требуется строгое соблюдение температурного и светового режимов [9].

Результаты исследований и их обсуждение

Для нормального прохождения фаз развития подготовленных к выгонке растений земляники необходимо создавать следующие условия, касающиеся ухода и полива. Уход за контейнерными растениями земляники заключается в периодическом удалении усов, сухих листьев, поливах и подкормках. Поливать растения лучше теплой (не ниже 15-18° С) водой обычным способом (не менее 2-3 раз в неделю) или с помощью специальных капельниц с расходом воды – 80-100 мл на одно растение. Полив растений можно совмещать с подкормками (1 раз в две недели) растворами макро- и микроудобрений.

В период выдвижения цветоносов тепличные растения земляники следует обработать раствором гиббереллина (60 мг/л), который ускоряет созревание ягод. Во время цветения необходимо искусственное опыление цветков и обработка растений 0,3 %-м раствором азотнокислого кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ для улучшения завязываемости ягод [10]. На рисунке 4 представлена зависимость фенофазы от температуры и влажности воздуха.

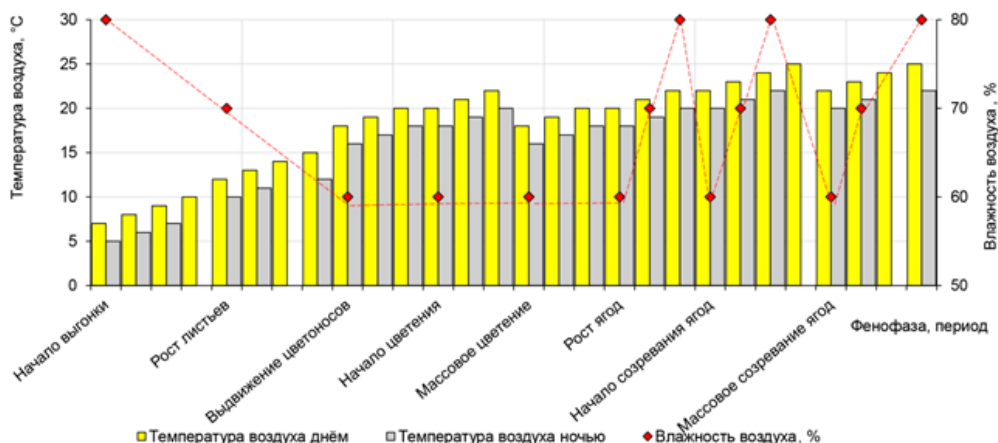


Рис. 4 – Зависимость фенофазы от температуры и влажности среды

(Fig.4–Dependence of the phenophase on the temperature and humidity of the environment)

Обобщая смысловое содержание выше приведённых концепций можно дать следующие рекомендации (рис. 5).

1. Несмотря на то, что еще в начале 20 века Н.И. Кичунов [11] уже описал способы получения внесезонных ягод земляники, практическое использование защищенного грунта в нашей стране было крайне ограничено по причине экономически неконкурентной земляники в сравнении с другими овощными культурами. Между тем, контролируе-

мые условия защищенного грунта наиболее полно удовлетворяют биологическим требованиям растений земляники.

2. Выходом из этого положения может быть только соединение в одном хозяйстве производства ягод и процесса выращивания посадочного материала. При этом должна быть специальная бригада постоянных рабочих с закреплением за ней площади земляничного севооборота, других элементов инфраструктуры и необходимой техники.



Рис. 5 – Структура стабильного круглогодичного производства садовой земляники
(Fig. 5 Structure of stable year-round production of garden strawberries)

В качестве стимулирующей мотивации необходимо ввести дополнительную оплату труда работников бригады, начиная с момента поступления продукции, от получаемой прибыли.

3. Использование защищенного грунта под культуру земляники оправдано только в случае максимально возможного числа растений на единице площади. В связи с этим для получения рассады и для подготовки растений к выгонке удачен вариант беспересадочного выращивания в контейнерах, размещенных на мобильных стеллажах, что позволяет вести «вертикальную» культуру. При этом для практической реализации такой задачи потребуется комплекс разноцелевых помещений и оборудования, обеспечивающих стабильность производства в целом.

Выводы

1. Обоснована целесообразность круглогодичного выращивания, что позволяет получить значительный экономический эффект.

2. Предложены технологические решения круглогодичного выращивания: периодическое удаление усов, сухих листьев; поливы водой с температурой не ниже 15-18° С не менее 2-3 раз в неделю; подкормы специальными капельницами с расходом воды порядка 80-100 мл на 1 растение, а также раз в две недели растворами макро- и микроудобрений; использование разных конфигураций конструкционной компоновки мобильных стеллажей.

3. Установлены перспективные технические решения круглогодичного выращивания: пневмоакустические распылители жидкости различных исполнений; а также платформ для сбора ягод земляники.

4. Разработана концепция эффективного круглогодичного выращивания, основанная на совмещении производства с укладкой посадочного материала, что обеспечивает максимизацию непрерывности цикла.

Список источников

1. Утков, Ю.А. Улучшенная технология возделывания земляники / Ю.А.Утков, А.А. Цымбал, И.И. Чухляев // Вестник РАСХН. – 2009. – № 1. – С.55-58.

2. Ефименко, Д.И. Совершенствование технологии выращивания здорового посадочного материала земляники высших категорий качества в условиях защищенного грунта / Д.И. Ефименко // Автореф. Дисс. канд. с.-х. наук, М. – 1988. – 13 с.

3. Деменко, В.И. Размножение суперсуперэлитного материала земляники: 06.01.07 дисс. канд. с.-х. наук, Москва. – 1978. – 199 с.

4. Платформа для ручной уборки урожая, посадки и ухода за низкорастущими культурами. РФ / Чухляев И.И., Утков Ю.А., Цымбал А.А., Бычков В.В., Филиппов Р.А. Патент РФ № 2415550, 2011.

5. Закотин, В.С. Земляника. Биологические особенности продуктивности / В.С. Закотин ; ЗАО «Офсет». – г. Видное. – 2015. – 375 с.

6. Копылов, В.И. Земляника: учебное пособие для ВУЗов / В.И. Копылов. – Москва: Юрайт. – 2022. – 387 с.

7. Солнцева, И.И. Особенности размножения земляники высших категорий в связи с факторами питания: 06.01.07 дисс. канд. с.-х. наук, Москва. – 1984. – 200 с.

8. Трушечкин, В.Г. Значение физиологического состояния рассады земляники для зимнего хранения. Плодоводство и ягодоводство Нечерноземной полосы / В.Г.Трушечкин, Л.С. Седова, Г.А. Гоголева // Сб. НИЗИСНП – М. – 1975. – № 8.

9. Чухляев, И.И. Садовая земляника во все времена: научно-практический опыт / И.И.Чухляев, А.А.Цымбал.– Москва: ОАО «Щербинская типография». –2015. – 208 с.

10. Шахова, Л.Н. Применение химических регуляторов роста на землянике. /Л.Н.Шахова //Сб. Применение физиологически активных веществ в садоводстве (материалы симпозиума). – М. –1972. – С. 122-127.

11. Кичунов, Н.И. Земляника и клубника и их культура // Н. И. Кичунов; Императорское Российское общество плодоводства. - 2-е изд., доп. - С.-Петербург. – 1913. - 107 с.

12. Сайт о саде, даче и комнатных растениях: сайт. URL:<https://vsaduidoma.com/2019/07/01/razmnozhenie-zemlyaniki-ot-a-do-ya-professional-sovetuet/>(дата обращения 07.10.2022).



Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Utkov, YU.A. Uluchshennaya tekhnologiya vozdeystviya zemlyaniki / YU.A. Utkov, A.A. Cymbal, I.I. CHuhlyayev // Vestnik RASKHN. – 2009. – № 1. – S. 55-58.
2. Efimenko, D.I. Sovershenstvovanie tekhnologii vyrashchivaniya zdorovogo posadochnogo materiala zemlyaniki vysshih kategorij kachestva v usloviyah zashchishchennogo grunta / D.I. Efimenko // Avtoref. Diss. kand. s.-h. nauk, M. – 1988. – 13 s.
3. Demenko, V.I. Razmnozhenie supersuperelitnogo materiala zemlyaniki: 06.01.07 diss. kand. s.-h. nauk, Moskva. – 1978. – 199 s.
4. Platforma dlya ruchnoj uborki urozhaya, posadki i uhoda za nizkorastushchimi kul'turami. RF / CHuhlyayev I.I., Utkov YU.A., Cymbal A.A., Bychkov V.V., Filippov R.A. Patent RF № 2415550, 2011.
5. Zakotin, V.S. Zemlyanika. Biologicheskie osobennosti produktivnosti / V.S. Zakotin ; ZAO «Ofset». – g. Vidnoe. – 2015. – 375 s.
6. Kopylov, V.I. Zemlyanika: uchebnoe posobie dlya VUZov / V.I. Kopylov. – Moskva: YUrajt. – 2022. – 387 s.
7. Solnceva, I.I. Osobennosti razmnozheniya zemlyaniki vysshih kategorij v svyazi s faktorami pitaniya: 06.01.07 diss. kand. s.-h. nauk, Moskva. – 1984. – 200 s.
8. Trushechkin, V.G. Znachenie fiziologicheskogo sostoyaniya rassady zemlyaniki dlya zimnego hraneniya. Plodovodstvo i yagodovodstvo Nechernozemnoj polosy / V.G. Trushechkin, L.S. Sedova, G.A. Gogoleva // Sb. NIZISNP – M. – 1975. – № 8.
9. CHuhlyayev, I.I. Sadovaya zemlyanika vo vse vremena: nauchno-prakticheskij opyt / I.I. CHuhlyayev, A.A. Cymbal. – Moskva: OAO «SHCHerbinskaya tipografiya». – 2015. – 208 s.
10. SHahova, L.N. Primenenie himicheskikh regulyatorov rosta na zemlyanike. / L.N. SHahova // Sb. Primenenie fiziologicheskii aktivnykh veshchestv v sadovodstve (materialy simpoziuma). – M. – 1972. – S. 122-127.
11. Kichunov, N.I. Zemlyanika i klubnika i ih kul'tura // N. I. Kichunov; Imperatorskoe Rossijskoe obshchestvo plodovodstva. – 2-e izd., dop. – S.-Peterburg. – 1913. – 107 s.
12. Sajt o sade, dache i komnatnyh rasteniyah: sajt. URL: [https://vsaduidoma.com/2019/07/01/razmnozhenie-zemlyaniki-ot-a-do-ya-professional-sovetuet/\(data obrashcheniya 07.10.2022\)](https://vsaduidoma.com/2019/07/01/razmnozhenie-zemlyaniki-ot-a-do-ya-professional-sovetuet/(data obrashcheniya 07.10.2022)).

Contribution of the authors:

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

The authors declare no conflict of interest.

Информация об авторах

Цымбал Александр Андреевич, д-р с.-х. наук, профессор, tcimbala@yandex.ru

Чухляев Игорь Иванович, канд. с.-х. наук, Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, fnscad@fnscad.ru

Лимаренко Николай Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры Технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», доцент кафедры Электротехники и электроники, ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, Россия, limarenkodstu@yandex.ru

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ivan.uspensckij@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

Tsymbal Alexander A., Dr. agricultural Sciences, Professor, tcimbala@yandex.ru

Chukhlyayev Igor I., Ph.D. agricultural Sciences, Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Breeding and Technology Center of Horticulture and Nursery Breeding, fnscad@fnscad.ru

Limarenko Nikolai V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Operation of Transport, FSBEI HE "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University, Russia, limarenkodstu@yandex.ru

Uspensky Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical operation of transport of the P.A. Kostychev Russian State Technical University, ivan.uspensckij@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 30.11.2022; одобрена после рецензирования 08.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 30.11.2022; approved after reviewing 08.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 635-18
DOI:10.36508/RSATU.2022.10.18.025

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФОРСУНКИ-РАСПЫЛИТЕЛЯ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Дмитрий Михайлович Юмаев¹, Георгий Константинович Рембалович², Михаил Юрьевич Костенко³, Наталья Алексеевна Костенко⁴, Игорь Александрович Мурог⁵

^{1,2,3,4}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

⁵Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г.Рязань, Россия

¹yumaeb@yandex.ru

²rgk.rgatu@yandex.ru

³kostenko.mihail2016@yandex.ru

⁴kn340010@yandex.ru

⁵rsu@365.rsu.edu.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Высокая урожайность сельскохозяйственных культур достигается за счет внесения жидких минеральных удобрений во время посева, а также своевременной подкормки растений в период их развития. Достижение высоких агротехнических показателей требует совершенствования не только методик внесения подкормки, но и конструкций форсунок-распылителей. Цель – повышение эффективности каплеобразования за счет обоснования параметров форсунки-распылителя эллипсовидной формы.

Методология. Теоретическими исследованиями обоснованы основные показатели, определяющие параметры форсунки-распылителя, которыми являются форма отверстия, площадь отверстия, размер капель раствора. Для проведения исследований были изготовлены форсунки-распылители с различными площадью и формой отверстий. Форма отверстий представляла собой эллипс с разным соотношением большой и малой осей. Для оценки размеров капель была использована бумага фильтровальная с размерами 200х200х0,5 мм и плотностью 75 г/м. кв. Фильтровальная бумага вставлялась в специальную оправку с установленным временем экспозиции.

Результаты. В результате экспериментального исследования установлено, что наименьший размер капель получен при использовании форсунки-распылителя с отверстием эллипсовидной формы, с соотношений большой оси к малой 1,25 и площадью поперечного сечения отверстия 7,069 мм². Для оценки расхода жидкости форсунки-распылителя была проведена серия экспериментов. Расход жидкости определялся с помощью мерного стакана при истечении рабочей жидкости через отверстие в течении одной минуты. Установлено, что площадь поперечного сечения отверстия и коэффициент формы оказывают влияние на расход жидкости. Следует отметить, что при коэффициенте формы 1,25 величина расхода существенно не увеличивается, что обусловлено колебанием жидкости внутри струи.

Заключение. В результате экспериментальных исследований установлено, что использование эллипсовидных отверстий форсунки-распылителя способствует возникновению колебательных процессов внутри струи жидкости и улучшает каплеобразование. Для обеспечения наименьшего размера капель без существенного снижения расхода жидкости следует использовать форсунку-распылитель с отверстием эллипсовидной формы, с соотношений большой оси к малой 1,25 и площадью поперечного сечения отверстия 7,069 мм².

Ключевые слова: форсунка-распылитель, каплеобразование, размер капли, эллипсовидное отверстие, расход жидкости

Для цитирования: Юмаев Д.М., Рембалович Г.К., Костенко М.Ю., Костенко Н.А., Мурог И.А. Экспериментальное обоснование параметров форсунки-распылителя для агропромышленного комплекса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №4. С 193-200 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.10.18.025>

**EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE PARAMATARS OF THE SPRAY NOZZLE FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

Dmitry M. Yumaev¹, Georgy K. Rembalovich², Mikhail Yu. Kostenko³✉, Natalia A. Kostenko⁴, Igor A. Murog⁵

^{1,2,3,4}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

⁵Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Ryazan, Russia

¹yumaeb@yandex.ru

²rgk.rgatu@yandex.ru

³kostenko.mihail2016@yandex.ru

⁴kn340010@yandex.ru

⁵rsu@365.rsu.edu.ru

Annotation.

Problem and purpose. High crop yields are achieved through the application of liquid mineral fertilizers during sowing, as well as timely feeding of plants during their development. Achieving high agrotechnical indicators requires improving not only the methods of top dressing, but also the design of spray nozzles. The goal is to increase the efficiency of drop formation by substantiating the parameters of an elliptical spray nozzle.

Methodology. Theoretical studies substantiate the main indicators that determine the parameters of the spray nozzle, which are the shape of the hole, the area of the hole, the size of the droplets of the solution. For research, spray nozzles with different area and shape of holes were made. The shape of the holes was an ellipse with different ratios of the major and minor axes. To assess the size of the droplets, filter paper was used with dimensions of 200x200x0.5 mm and a density of 75 g/m. sq. The filter paper was inserted into a special holder with a fixed exposure time.

Results. As a result of an experimental study, it was found that the smallest droplet size was obtained using a spray nozzle with an elliptical hole, with a ratio of the major axis to the minor one 1.25 and a cross-sectional area of the hole of 7.069 mm². A series of experiments was carried out to evaluate the liquid flow rate of the spray nozzle. The flow rate of the fluid was determined using a measuring cup when the working fluid flowed through the hole for one minute. It has been established that the cross-sectional area of the hole and the shape factor affect the flow rate of the liquid. It should be noted that with a shape factor of 1.25, the flow rate does not increase significantly, which is due to the fluctuation of the liquid inside the jet.

Conclusion. As a result of experimental studies, it was found that the use of elliptical holes in the spray nozzle contributes to the occurrence of oscillatory processes inside the liquid jet and improves drop formation. To ensure the smallest droplet size without a significant reduction in fluid flow, an atomizer with an elliptical orifice should be used, with a major to minor axis ratio of 1.25 and an orifice cross-sectional area of 7.069 mm².

Key words: spray nozzle, drop formation, drop size, elliptical hole, liquid flow rate

For citation: Yumaev D.M., Rembalovich G.K., Kostenko M.Yu., Kostenko N.A., Murog I.A. Experimental substantiation of the paramatars of the spray nozzle for the agro-industrial complex //Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; No. 14(4). P 193-200.(in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.10.18.025>

Введение

Растениеводство является важной отраслью сельского хозяйства. Высокая урожайность сельскохозяйственных культур, особенно овощей, достигается, в том числе за счет внесения жидких минеральных удобрений во время предпосевной подготовки почвы, а также своевременной подкормки растений в период их развития. Кратность и способ внесения напрямую зависят от плодородия почвы, вида культуры, требовательности каждого растения в дополнительном питании. Обычно подкормки повторяют с интервалом 12-20 дней в течение всего периода развития растений [4,8]. Достижение высоких агротехнических показателей требует совершенствования не только методик внесения подкормки, но и конструкций форсунок-распылителей. Цель исследования – повышение эффективности каплеобразования за

счет обоснования параметров форсунки-распылителя эллипсоидной формы.

В настоящее время разработаны форсунки-распылители, с овальными формами отверстий [3,5,6,14], хотя их параметры недостаточно обоснованы. Теоретическими исследованиями обоснованы основные показатели, определяющие параметры форсунки-распылителя, которыми являются форма отверстия, давление в системе, площадь внесения, размер капель раствора [1,2,5,9,13]. В процессе работы форсунки-распылителя с различными формами отверстий, поведение жидкости водного потока зависит от площади поперечного сечения, его формы, давления в трубопроводе. Характеристики каплеобразования, наблюдаемого при этом, являются важнейшими характеристиками, влияющими на площадь и равномерность распределения рабочей жидко-



сти [6,7,10,11,12,15]. Для уточнения характеристик были проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях.

Материалы и методы исследования

Для проведения лабораторных исследований

форсунок-распылителей с поперечным отверстием различной площади и формы, на базе кафедры ТМ и РМ инженерного факультета была собрана установка (рис. 1).



1 – штатив, 2 - форсунка-распылитель, 3 – вспомогательный стержень, 4 – шаровой кран, 5- выводной шланговый канал, 6 – выходной патрубок, 7 – однофазный асинхронный двигатель, 8 – входной патрубок, 9 – входной шланговый канал, 10 – гидроаккумулятор, 11 – реле давления, 12 – манометр

Рис. 1 – Общий вид лабораторной установки

(1 - stand, 2 - spray nozzle, 3 - auxiliary rod, 4 - ball valve, 5-outlet hose channel, 6 - outlet pipe, 7 - single-phase asynchronous motor, 8 - inlet pipe, 9 - inlet hose channel, 10 - hydraulic accumulator, 11 - pressure switch, 12 - pressure gauge

Fig. 1 - General view of the laboratory setup)

После включения однофазного асинхронного двигателя 7 насосной станции рабочая жидкость заполняет гидроаккумулятор 10 из водопроводной сети через входной патрубок 8 в насосную часть по водопроводному шлангу 9. При достижении определенного показателя давления воды, в системе верхнего предела настройки реле давления 11, насос отключается. Показания давления определяют по манометру 12. Затем вода через выходной патрубок 6 через выводной канал (шланг) 5 поступает к шаровому крану 4. Шаровой кран 4 служит для смены форсунок распылителей и у правления истечением жидкости через форсунку-распылитель 2, закрепленную в лапке на стержне 3 штатива 1.

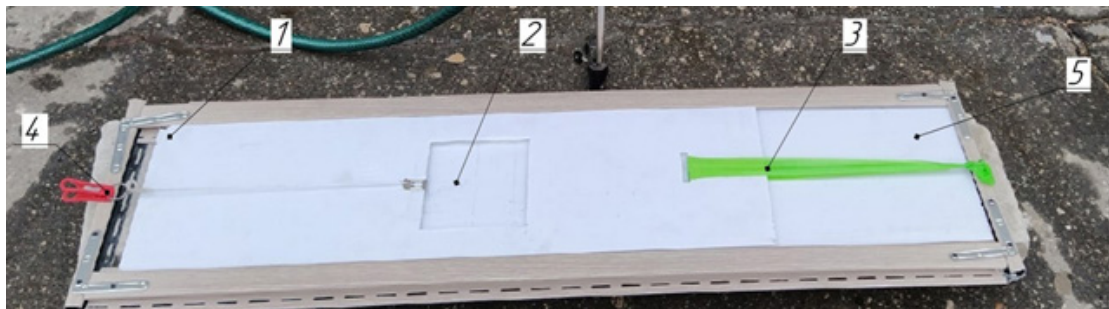
На форму струи, вытекающей из отверстия не-круглой формы, влияет процесс инверсии. Этот процесс обусловлен взаимодействием силы поверхностного натяжения, стремящейся свести к минимуму площадь наружной поверхности струи, и силы инерции, которая направлена на сохранение количества движения массы частицы жидкости, находящейся на траектории элементарной струйки [3,6,12,14]. Для проведения исследований были изготовлены форсунки-распылители с различными площадью и формой отверстий, параметры которых указаны в таблице 1. Форма отверстий представляла собой эллипс с разным соотношением большой и малой осей.

Таблица 1 – План эксперимента по оценке влияния площади и формы отверстий форсунки-распылителя на каплеобразование и расход жидкости

Уровни варьирования	Факторы варьирования				Функции оптимизации	
	Площадь отверстия (s_o)		Форма отверстия (d_o)		Средний размер капель	Расход жидкости через отверстие
	натур.знач., (площадь, m^2)	кодир. знач.	натур.знач., (форма отверстия)	кодир. знач.	mm^2	$мл/мин$
Верхний	19,635	+1	1,6	+1	d_{k1}	μ_1
Нулевой	12,566	0	1,25	0	d_{k2}	μ_2
Нижний	7,069	-1	1	-1	d_{k3}	μ_3

Для оценки влияния площади и формы отверстий форсунки-распылителя на каплеобразование и расход жидкости была проведена серия экспериментов. Варьируемыми факторами являлись площадь и форма отверстий форсунок-распылителей.

Для оценки размеров капель была использована бумага фильтровальная с размерами 200x200x0,5 мм и плотностью 75 г/м. кв. Фильтровальная бумага вставлялась в специальную оправку с установленным временем экспозиции (рис. 2).



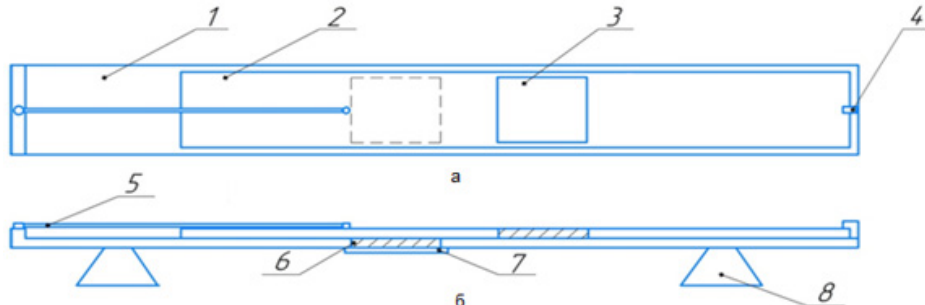
1 – подвижная часть (шторка), 2 – окно прерывателя потока, 3 – резиновый жгут, 4 – прищепка-фиксатор, 5 – неподвижная часть оправки

Рис. 2 – Общий вид оправки уловителя капель

1 - movable part (curtain), 2 - flow interrupter window, 3 - rubber band, 4 - clip-lock, 5 - fixed part of the mandrel
Fig. 2 - General view of the drip catcher mandrel

Оправка представляет собой основание с подвижной шторкой. Основание и шторка были изготовлены из сотового поликарбоната длиной 1 метр. Фильтровальная бумага закреплялась на

основании в специальном окне 150x150 мм для исключения излишнего намокания экспозицию получения капель регулировали за счет изменения скорости шторки подвижной части оправки (рис. 3).



1 – неподвижная часть, 2 – подвижная часть (шторка), 3 – окно прерывателя потока, 4 – рамка, 5 – резиновый жгут, 6 – окно уловителя, 7 – фильтровальная бумага, 8 – опорное основание

Рис. 3 – Схема оправки уловителя

(1 - fixed part, 2 - movable part (curtain), 3 - flow interrupter window, 4 - frame, 5 - rubber band, 6 - catcher window, 7 - filter paper, 8 - support base
Fig. 3 - Catcher Mandrel Diagram)

В момент проведения эксперимента нажимали на фиксатор шторки, впоследствии шторка открывала фильтровальную бумагу на определенное время. В результате на фильтровальную бумагу попадало несколько капель, что исключало слияние капель. Попавшие капли впитывались в бумагу и оставляли след в виде пятна. Затем по полученным пятнам оценивали средний размер капель. Время экспозиции устройства регулировалось с помощью натяжения резинового жгута. Давление в системе нагнеталось с помощью насосной станции марки Patriot PW 1200-24P, оборудованной реле давления с манометром.

Результаты исследований

Исследование каплеобразования заключалось в оценке размеров капель форсунки-распылителя с отверстием различной формы и площади. На лабораторную установку в соответствии с планом эксперимента монтировались различные форсунки-распылители. Каплеуловитель устанавливали

по периферии струи, где исключено слияние капель. Время экспозиции шторки составляло 0,22 секунды, скорость движения шторки составляла 0,69 м/сек.

Капли, зафиксированные на фильтровальной бумаге, выбирались наиболее типичные и проводилось их измерение. Повторность эксперимента трехкратная.

Воспроизводимость опытных данных производили с помощью коэффициента Кохрена. Коэффициент Кохрена рассчитывался, как отношение максимальной дисперсии $S^2\{y_i\}_{\max}$ среди всей совокупности к общей сумме дисперсий $S^2\{y_i\}$,

$$G_p = \frac{S^2\{y_i\}_{\max}}{\sum_{i=1}^N S^2\{y_i\}} \quad (1)$$

где $S^2\{y_i\}_{\max}$ – максимальная дисперсия;
 $S^2\{y_i\}$, – сумма дисперсий в сериях экспериментов.



Расчетные значения коэффициента Кохрена для опытов по определению каплеобразования и расхода жидкости соответственно равны 0,3019 и 0,3316.

Коэффициент G_T находим по таблице по значению N , где N – число повторений опыта, а m – количество серий опыта, причем выбираем по значению $(m - 1)$. Коэффициента Кохрен G_T полученный на основании табличных данных, сравниваем с расчетным. В случае, когда условие выполняется,

$$G_p < G_T \quad (2)$$

дисперсии считаются однородными с выбранным уровнем статистической значимости $\alpha = 5\%$, а опыты считаются воспроизводимыми. Табличные значения коэффициента Кохрена для обеих серий опытов равны 0,6167. Расчетные значения не превышают табличные значения, что свидетельствует о воспроизводимости результатов опытов. Опытные данные обрабатывались в программе Statistika 8 для получения уравнения регрессии и построением графиков зависимостей.

$$d_k = 5,4108 + 5,236 \cdot d_o + 1,047 \cdot s_o + 2,0943 \cdot d_o^2 + 0,7852 \cdot d_o \cdot s_o + 2,8793 \cdot s_o^2 \quad (3)$$

где d_k – диаметр следа капли на фильтровальной бумаге, мм²;

d_o – форма отверстия форсунки-распылителя (соотношение большой и малой оси эллипса);

s_o – площадь поперечного сечения форсунки-распылителя.

Статистический анализ уравнения регрессии показал, что уравнение описывает опытные данные с коэффициентом детерминации 0,89, при этом коэффициент регрессии составляет 0,94, что свидетельствует об адекватности полученного уравнения регрессии опытным данным. Анализ уравнения регрессии показал, что наибольшую значимость имеет площадь сечения форсунки-распылителя, в тоже время форма отверстия также влияет на процесс каплеобразования. Уравнение регрессии было представлено в виде графика зависимости размера капель на фильтровальной бумаге от площади и коэффициента формы отверстия (рис. 4).

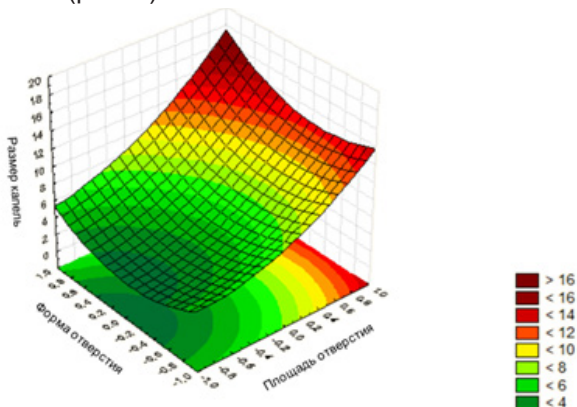


Рис. 4 – Зависимость размера капель от площади и формы отверстия
(Fig. 4 – Dependence of the droplet size on the area and shape of the hole)

Анализ рисунка показывает, что наименьший размер капель наблюдается при уменьшении диаметра отверстия форсунки-распылителя. Также наименьшее значение размера капель достигается при коэффициенте формы, соответствующем нулевому уровню. Расшифровав кодированные значения факторов, установили, что наименьший размер капель получен при использовании форсунки-распылителя с отверстием эллипсовидной формы, с соотношением большой оси к малой 1,25 и площадью поперечного сечения отверстия 7,069 мм².

Для оценки расхода жидкости форсунки-распылителя была проведена серия экспериментов. Расход жидкости определялся с помощью мерного стакана при истечении рабочей жидкости через отверстие в течении одной минуты.

В результате обработки опытных данных получено уравнение регрессии.

$$\mu = 84,4444 + 15,8333 \cdot d_o - 18,3333 \cdot s_o - 7,1667 \cdot d_o^2 + 6,5 \cdot s_o \cdot d_o + 10,3333 \cdot s_o^2 \quad (4)$$

где μ – расход жидкости через отверстие, мл/мин;

d_o – форма отверстия форсунки-распылителя (соотношение большой и малой оси эллипса);

s_o – площадь поперечного сечения форсунки-распылителя.

Коэффициент детерминации составил 0,98, коэффициент регрессии равен 0,99, что свидетельствует об адекватности полученного уравнения регрессии опытных данных.

Также была построена зависимость расхода жидкости от площади отверстия и коэффициента его формы (рис. 5).

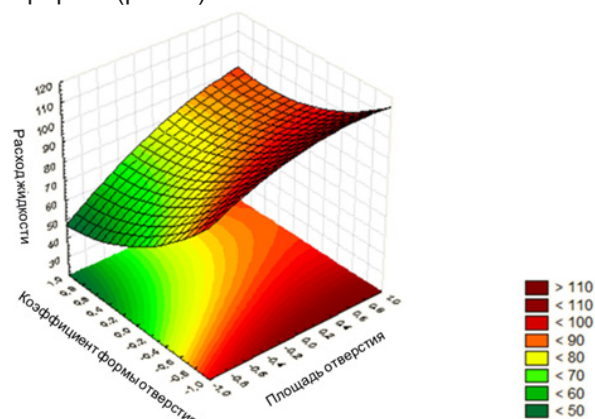


Рис. 5 – Зависимость расхода жидкости от площади отверстия и коэффициента его формы
(Fig. 5 – The dependence of the liquid flow rate on the area of the hole and the coefficient of its shape)

Анализ графика показывает, что площадь поперечного сечения отверстия и коэффициент формы оказывают влияние на расход жидкости. Наименьший расход жидкости соответствует минимальному размеру отверстия и наибольшему коэффициенту формы 1,6.

Следует отметить, что при коэффициенте формы 1,25 величина расхода существенно не увели-



чивается, что обусловлено колебанием жидкости внутри струи. Максимальная величина расхода жидкости соответствует кодированному значению площади поперечного сечения +1 и кодированному значению формы отверстия -1, что соответствует отверстию круглого сечения площадью 19,635 мм².

Таким образом, анализируя экспериментальное исследование, можно заметить, что коэффициент формы отверстия способствует возникновению колебательных процессов внутри струи жидкости, что приводит к уменьшению расхода через поперечное сечение форсунки-распылителя, а также способствует лучшему каплеобразованию – уменьшению размера капель.

Заключение

В результате экспериментальных исследований установлено, что использование эллипсовидных отверстий форсунки-распылителя способствует возникновению колебательных процессов внутри струи жидкости и улучшает каплеобразование. Также существенное значение на процесс каплеобразования оказывает площадь поперечного сечения отверстия. Для обеспечения наименьшего размера капель без существенного снижения расхода жидкости следует использовать форсунку-распылитель с отверстием эллипсовидной формы, с соотношением большой оси к малой - 1,25 и площадью поперечного сечения отверстия 7,069 мм².

Список источников

1. Вихревой газожидкостный теплогенератор / А. И. Рудаков, Б. Л. Иванов, М. А. Лушнов, И. Р. Нафиков // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 94-102. – EDN XWNRIY.
2. Иванов, Б. Л. Повышение эффективности химической защиты растений с применением оригинальных форсунок / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, И. Х. Гайфуллин // Актуальные проблемы государственного и муниципального управления в условиях цифровой трансформации экономики : Научные труды II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 25–26 января 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 128-133. – EDN PICAOU.
3. Исследование инверсии струи дождевальных насадок с отверстием эллипсовидной формы / А. В. Кузнецов, Д. М. Юмаев, Г. К. Ремболович [и др.] // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 3(47). – С. 133-137. – DOI 10.36508/RSATU.2020.23.36.023. – EDN WTDERH.
4. Исследование работы генератора горячего тумана при обработке стеблестоя / М. Ю. Костенко, Р. В. Безносюк, И. Н. Горячкина [и др.] // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 4(44). – С. 87-92. – DOI 10.36508/RSATU.2019.23.11.015. – EDN JXJQBZ.
5. Пат. 2672448 Российская Федерация А01G 25/09 . ДОЖДЕВАЛЬНЫЙ АППАРАТ / Рязанцев Анатолий Иванович, Ольгаренко Геннадий Владимирович, Терпигорев Анатолий Анатольевич, Агейкин Алексей Викторович, Мищенко Николай Андреевич, Грушин Алексей Владимирович, Гжибовский Сергей Александрович; Лебедев Денис Андреевич, заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга" – №: 2017141458, заявл. 29.11.2017; опубл.: Опубликовано: 14.11.2018 Бюл. № 32.– 7 с. <https://yandex.ru/search/?text=Пат.+2672448+Российская+Федерация+А01G+25%2F09+.+ДОЖДЕВАЛЬНЫ+И+АППАРАТ+%2F+&lr=11&clid=1997626&win=433>
6. Пильгунов, В. Н. Особенности истечения жидкости через отверстия некруглой формы / В. Н. Пильгунов, К. Д. Ефремова // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2015. – № 2. – С. 1-23. – DOI 10.7463/0215.0758817. – EDN TSFDEZ.
7. Теория распыливания жидкости форсункой / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Р. Ф. Шарфеев, И. Р. Сагбиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 2(53). – С. 95-99. – DOI 10.12737/article_5d3e174f90fe69.76703992. – EDN JZOPZE.
8. Федоренко, В. Ф. Технологические и методологические аспекты применения техники для защиты растений в странах ЕС : Методические рекомендации / В. Ф. Федоренко, В. Г. Селиванов, В. М. Дринча. – Москва : Росинформагротех, 2016. – 160 с. – ISBN 978-5-7367-1176-5. – EDN XRAOXH.
9. Daschiel G., Frohnepfel B., Jovanović J. Numerical investigation of flow through a triangular duct: The coexistence of laminar and turbulent flow // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2013. Vol. 41. P. 27-33. DOI: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2013.03.016
10. De Giorgi M.G., Ficarella A., Tarantino M. Evaluating cavitation regimes in an internal orifice at different temperatures using frequency analysis and visualization // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2013. Vol. 39. P. 160-172. DOI: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2012.11.002
11. Dey S. Fluvial Hydrodynamics. Hydrodynamic and Sediment Transport Phenomena. Springer Berlin Heidelberg, 2014. 687 p. DOI: 10.1007/978-3-642-19062-9
12. Droplet size of virocid disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122. – EDN BJJTQU.
13. Ecological-energy directions for improving multiple sprinkling machines / Ryazantsev A.I., Antipov A.O., Olgarenko G.V., Rembolovich G.K.,



Kostenko M.U. and d.r.// ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, February 2019? – Vol. 14 No. 3, ISSN 1819-6608 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37010223>

14. Ghahremanian S., Svensson K., Tummers M.J., Moshfegh B. Hear-field mixing of jets issuing from an array of round nozzles // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2014. Vol. 47. P. 84-100. DOI:

10.1016/j.ijheatfluidflow.2014.01.007

15. Rain Bird. Landscape Irrigation Design Manual. 2000 Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation. All rights reserved. Rain Bird Corporation, Tucson, AZ85706 USA. -126 p. URL: <https://www.mtncom.net/store-files/spec-sheets/Wilkins/Backflow/american%20fork%20park%20and%20ride.pdf>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Vihrevoj gazozhidkostnyj teplogenerator / A. I. Rudakov, B. L. Ivanov, M. A. Lushnov, I. R. Nafikov // Agrarnaya nauka XXI veka. Aktual'nye issledovaniya i perspektivy : trudy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati d.t.n., professora Volkova I.E., Kazan', 04 iyunya 2021 goda. – Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – S. 94-102. – EDN XWNRIY.
2. Ivanov, B. L. Povyshenie effektivnosti himicheskoy zashchity rastenij s primeneniem original'nyh forsunok / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, I. H. Gajfullin // Aktual'nye problemy gosudarstvennogo i municipal'nogo upravleniya v usloviyah cifrovoj transformacii ekonomiki : Nauchnye trudy II Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu Kazanskogo GAU, Kazan', 25–26 yanvarya 2022 goda. – Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. – S. 128-133. – EDN PICAOU.
3. Issledovanie inversii strui dozhdval'nyh nasadok s otverstiem ellipsovidnoj formy / A. V. Kuznecov, D. M. YUmaev, G. K. Rembalovich [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2020. – № 3(47). – S. 133-137. – DOI 10.36508/RSATU.2020.23.36.023. – EDN WTDERH.
4. Issledovanie raboty generatora goryachego tumana pri obrabotke steblestoya / M. YU. Kostenko, R. V. Beznosyuk, I. N. Goryachkina [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2019. – № 4(44). – S. 87-92. – DOI 10.36508/RSATU.2019.23.11.015. – EDN JXJQBZ.
5. Pat. 2672448 Rossijskaya Federaciya A01G 25/09. DOZHDEVAL'NYJ APPARAT / Ryazancev Anatolij Ivanovich, Ol'garenko Gennadij Vladimirovich, Terpigorev Anatolij Anatol'evich, Agejkin Aleksej Viktorovich, Mishchenko Nikolaj Andreevich, Grushin Aleksej Vladimirovich, Gzhibovskij Sergej Aleksandrovich; Lebedev Denis Andreevich, zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie nauchno-issledovatel'skij institut sistem orosheniya i sel'hozvodospabzheniya "Raduga" – №: 2017141458, zayavl. 29.11.2017; opubl.: Opublikovano: 14.11.2018 Byul. № 32. – 7 s. <https://yandex.ru/search/?text=Pat.+2672448+Rossijskaya+Federaciya+A01G+25%2F09+.+DOZHDEVAL'NYJ+APPARAT+%2F+&lr=11&clid=1997626&win=433>
6. Pil'gunov, V. N. Osobennosti istecheniya zhidkosti cherez otverstyia nekrugloj formy / V. N. Pil'gunov, K. D. Efremova // Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.E. Baumana. – 2015. – № 2. – S. 1-23. – DOI 10.7463/0215.0758817. – EDN TSFDEZ.
7. Teoriya raspylivaniya zhidkosti forsunkami / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, R. F. SHafeev, I. R. Sagbiev // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – T. 14. – № 2(53). – S. 95-99. – DOI 10.12737/article_5d3e174f90fe69.76703992. – EDN JZQZPE.
8. Fedorenko, V. F. Tekhnologicheskie i metodologicheskie aspekty primeneniya tekhniki dlya zashchity rastenij v stranah ES : Metodicheskie rekomendacii / V. F. Fedorenko, V. G. Selivanov, V. M. Drincha. – Moskva : Rosinformagrotekh, 2016. – 160 s. – ISBN 978-5-7367-1176-5. – EDN XRAOXH.
9. Daschiel G., Frohnepfel B., Jovanovic J. Numerical investigation of flow through a triangular duct: The coexistence of laminar and turbulent flow // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2013. Vol. 41. P. 27-33. DOI: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2013.03.016
10. De Giorgi M.G., Ficarella A., Tarantino M. Evaluating cavitation regimes in an internal orifice at different temperatures using frequency analysis and visualization // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2013. Vol. 39. P. 160-172. DOI: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2012.11.002
11. Dey S. Fluvial Hydrodynamics. Hydrodynamic and Sediment Transport Phenomena. Springer Berlin Heidelberg, 2014. 687 p. DOI: 10.1007/978-3-642-19062-9
12. Droplet size of virocid disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26–28 maya 2021 goda. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122. – EDN BJJTQU.
13. Ecological-energy directions for improving multiple sprinkling machines / Ryazantsev A.I., Antipov A.O., Ol'garenko G.V., Rembolovich G.K., Kostenko M.U. and d.r.// ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, February 2019? – Vol. 14 No. 3, ISSN 1819-6608 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37010223>



14. Ghahremanian S., Svensson K., Tummers M.J., Moshfegh B. Heat-field mixing of jets issuing from an array of round nozzles // *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 2014. Vol. 47. P. 84-100. DOI: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2014.01.007

15. Rain Bird. Landscape Irrigation Design Manual. 2000 Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation. All rights reserved. Rain Bird Corporation, Tucson, AZ85706 USA. -126 p. URL: <https://www.mtncom.net/store-files/spec-sheets/Wilkins/Backflow/american%20fork%20park%20and%20ride.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

Юмаев Дмитрий Михайлович, аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин, yumaeb@yandex.ru

Рембалович Георгий Константинович, д-р техн. наук, декан автодорожного факультета, rgk.rgatu@yandex.ru

Костенко Михаил Юрьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, km34010@rambler.ru

Костенко Наталья Алексеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства инженерных сооружений и механики, kn340010@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

Yumaev Dmitry M., post-graduate student of the Department of Metal Technology and Machine Repair, yumaeb@yandex.ru

Rembalovich Georgy K., Dr. tech. Sciences, Dean of the Road Faculty, rgk.rgatu@yandex.ru

Kostenko Mikhail Yu., Dr. tech. Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, km34010@rambler.ru

Kostenko Natalia A. PhD. tech., Associate Professor of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, kn340010@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 16.11.2022; одобрена после рецензирования 05.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 05.12.2022; accepted for publication 12.12.2022.

