

ISSN 2077-2084

Том 15, №4, '2023

10.36508/RSATU.2023.20.50.001

ВЕСТНИК

12+

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 15, № 4, 2023

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

СОСТАВ

редакционной коллегии и редакции журнала «Вестник РГАТУ»

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

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

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

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

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

Корректор – **Е. Л. Малинина**

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

Адрес редакции: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1,
ауд. 103, тел. 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Тираж 700.Первый завод 200. Заказ № 1581
Дата выхода в свет 29.12.2023.

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

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

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

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

Scientific-Production Journal

Issued since 2009
Issued once a quarter

Tom 15 # 4, 2023

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

"RSATU Herald" EDITORIAL STAFF

Editor in Chief

S. N. Borychev,

Doctor of Technical Sciences, Full
Professor

Editor in Chief Deputy

G. K. Rembalovich,

Doctor of Technical Sciences, Full
Professor

Technical Editor:

I.V. Chivileva,

Candidate of Psychological Sciences,
Associate Professor

Editorial Staff:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Proof-Reader – **E. L. Malinina**

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

Editorial address: 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1., 103 room.,
tel: 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Circulation 700. The first factory is 200. №1581 Order No. Date of
publication
Date of publication. 29.12.2023.

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

Содержание

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Глотова Г. Н., Позолотина В. А., Правдина Е.Н., Магомедов К.Г. Эффективность применения синтетических аминокислот при выращивании телят джерсейской породы в условиях племенного предприятия	5
Демьяненко Е.В., Карпачев В.В., Сеничев Е.И. Продуктивность ярового рапса и сои в зависимости от применения гуминовых удобрений и агрометеорологических условий	12
Зайцева А.Г., Сайтханов Э.О., Кузьмин И.С. Сравнительная оценка эффективности современных химических средств дезинфекции, используемых в свиноводстве	18
Захарова О.А., Евдокимова О.В., Бакаева Н.П. Микробиологическая оценка грунтовых вод в зоне влияния свинокомплекса и прогнозирование их самоочищения	27
Карелина О.А., Федосова О.А., Кулаков В.В., Уливанова Г.В., Незаленова А.А. Основные маркеры крови клинического состояния телят с признаками простой диспепсии	36
Каташов Э.Н., Кухарев О.Н., Арефьев А.Н., Чекаев Н.П. Продуктивность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном в зависимости от разных доз внесения индюшиного помета и микробиологических препаратов	46
Колесникова Т.А., Куликова М.А. Анализ процесса коагуляции при реагентном фракционировании жидких отходов свинокомплексов	55
Пегусов А.С., Востроилов А.В. Качество мяса крупного рогатого скота пород абердин-ангусская и бланк-блю бельж	60
Соколов А.А., Виноградов Д.В., Дедова Е.М. Роль защитных мероприятий и мониторинг в агроценозах озимых зерновых культур в борьбе со злаковыми мухами	68
Федотова А. С., Турицына Е.Г. Изменение гематологических, биохимических и иммунологических показателей крови коров при внешнем гамма-облучении «in vitro» в дозах 100-500 мГр	77
Хромова Л.Г., Мирошина С.Е., Байлова Н.В., Есаулова Л.А., Морозова Н.И. Результаты оценки биологической ценности белкового компонента молока коров голштинской породы, полученного в условиях интенсивной технологии	90

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аксенов А.Г., Трунов М.С., Петухов С.Н. Обоснование концепции создания роботизированного комплекса для повышения эффективности фитосанитарных работ в семенных посадках картофеля	96
Голиков А. А., Борычев С. Н., Липатова М. А., Воротников Е. С. Проблемы современного производства картофеля	106
Дидманидзе О.Н, Сучков А.И., Девянин С.Н., Бугаев А.В., Гузалов А.С. Оценка состояния ЦПГ двигателя по давлению газов в картере	113
Евсеев Е.Ю., Рязанцев А.И. Повышение производительности многофункциональной машины кругового действия на склонах	121
Игнатов А. В., Демин Е. Е., Чекмарев В. В., Марусин А. В. Оценка фактического расхода ГСМ при эксплуатации машинно-тракторного парка	128
Костаринов А.С., Терентьев В.В., Аникин Н.В., Андреев К.П., Макаров В. А. Применение имитационного моделирования при внесении удобрений центробежными разбрасывателями	134
Магдин А.Г., Припадчев А.Д., Горбунов А.А., Барановский К.В. Разработка компьютерной модели воронкообразования жидкости в резервуаре БПЛА сельскохозяйственного назначения	146
Рембалович Г. К., Костенко М. Ю., Безносюк Р. В., Чернышев А. Д., Мартышов А. И. Повышение качества хранения кормов и сельскохозяйственной продукции в герметичных рукавах	152
Семьинин М.В. Влияние деформируемого грунта на управляемость автомобилей	158
Симдянкин А.А. Использование привязных дронов при проведении студенческих соревнований вузов различного профиля (технических, гуманитарных, спортивных, АПК).	166
Шемякин А.В., Лимаренко Н.В., Юхин И.А., Митрохин С.В., Кутыраев А.А. Контаминация индикаторов оценки санитарно-эпидемиологических свойств свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков	173
Шемякин А.В., Пухов Е. В., Успенский И.А., Стекольников Ю.А., Рембалович Г.К. Хромирование режущих рабочих органов уборочных машин	181
Юхин И.А., Панова А.А., Стрыгин С.В., Паршков А.В., Прибылов Д.О. Исследование границ эффективности применения отдельных средств виброзащиты плодоовощной продукции.	187
Карташов А.А, Успенский И.А., Юхин И.А., Филлюшин О.В., Газрилов А.М. Снижение нагарообразования в дизельных двигателях	192



Content

AGRICULTURAL SCIENCES

Glotova G. N., Pozolotina V. A., Pravdina E. N., Magomedov K.G. The effectiveness of the use of synthetic amino acids in growing Jersey calves in a breeding enterprise conditions	5
Demyanenko E.V., Karpachev V.V., Senichev E.I. Productivity of spring rapeseed and soybeans depending on the use of humic fertilizers and agrometeorological conditions	12
Zaitseva A.G., Saitkhanov E.O., Kuzmin I.S. Comparative assessment of the effectiveness of modern chemical disinfectants used in pig farming	18
Zakharova O.A. Evdokimova O.V., Bakaeva N. P. The main blood markers of the clinical condition of calves with signs of simple dyspepsia	27
Karelina O.A., Fedosova O.A., Kulakov V.V., Ulivanova G.V., Nezalenova A.A. The main blood markers of the clinical condition of calves with signs of simple dyspepsia	36
Katashov E.N., Kukharev O.N., Arefiev A.N., Chekaev N.P. Productivity of winter wheat on leached chernozem depending on different doses of turkey manure and microbiological preparations	46
Kolesnikova T.A., Kulikova M.A. Analysis of the coagulation process during Reagent Fractionation of liquid waste from pig farms	55
Pegusov A. S., Vostroilov A. V. The quality of cattle meat breeds aberdeen-angus and blank-blue belle	60
Sokolov A.A., Vinogradov D.V., Dedova E.M. The role of protective measures and monitoring in agroecosystems of winter grain crops in the fight against cereal flies	68
Fedotova A.S., Turitsyna E.G. Changes in haematological, biochemical and immunological parameters of cow blood under external «in vitro» gamma radiation in 100mGr-500mGr doses.	77
Khromova L.G., Miroshina S.E., Baylova N.V., Esaulova L.A., Morozova N.I. The results of the evaluation of the biological value of the protein component of the milk of Holstein cows obtained under conditions of intensive technology	90

TECHNICAL SCIENCES

Aksenov A.G., Trunov M.S., Petukhov S. N. Justification of the concept of creating a robotic complex to increase the efficiency of phytosanitary work in potato seed plantings	96
Golikov A. A., Borychev S. N., Lipatova M. A., Vorotnikov E. S. Problems of modern potato production	106
Didmanidze O.N., Suchkov A.I., Devyanin S.N., Bugaev A.V., Guzalova S. Assessment of the condition of the engine cpg by gase pressure in the crankcase	113
Evseev E.Yu., Ryazantsev A.I., Improving the performance of a multi-function circular action machine on slopes	121
Ignatov A.V., Demin E.E., Chekmarev V.V., Marusin A.V. Estimation of actual fuel and lubricant consumption during operation of the machine and tractor fleet	128
Kostarinov A.S., Terentyev V.V., Anikin N.V., Andreev K.P., Makarov V.A. Application of simulation modeling when applying fertilizers with centrifugal spreaders	134
Magdin A.G., Pripadchev A.D., Gorbunov A.A., Baranovsky K.V. Development of a computer model of liquid funneling in an agricultural UAV tank	146
Rembalovich G.K., Kostenko M. Yu., Beznosyuk R. B., Chernyshev A. D., Martyshov A. I. Improving the quality of storage of feed and agricultural products in hermetic sleeves	152
Semynin M.V. The influence of deformable soil on the handling of cars	158
Simdiankin A.A. The use of tethered drones during student competitions of universities of various profiles (technical, humanitarian, sports, agro-industrial complex)	166
Shemyakin A.V., Limarenko N.V., Yukhin I.A., Mitrokhin S.V., Kutyaev A.A. Contamination of indicators for assessing the sanitary and epidemiological properties of pig manure and manure runoff	173
Shemyakin A.V., Pukhov E. V., Uspensky I.A., Stekolnikov Yu. A., Rembalovich G. K. Chrome plating of cutting working parts of harvesting machines	181
Yukhin I.A., Panova A.A., Strygin S.V., Parshkov A.V., Pribylov D.O. Investigation of the limits of the effectiveness of the use of individual means of vibration protection of fruit and vegetable products	187
Kartashov A.A., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Filushin O.V., Gavrilov A.M. Reduction of Carbon formation in Diesel Engines.	192



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ



Вестник РГАТУ, 2023, Т15, №4, с. 5-11
Vestnik RGATU, 2023, T15, №4, pp. 5-11

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.92.082
DOI:10.36508/RSATU.2023.93.30.002

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ АМИНОКИСЛОТ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТЕЛЯТ ДЖЕРСЕЙСКОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ ПЛЕМЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Галина Николаевна Глотова ¹✉, Валентина Анатольевна Позолотина ², Елена Николаевна Правдина ³, Калалудин Газимагомедович Магомедов ⁴

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

⁴ Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова

¹ galka270280@yandex.ru

² pozolotina@mail.ru

³ epravdina@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью данной работы являлось изучение эффективности применения синтетических аминокислот при выращивании телят джерсейской породы с двухнедельного до шестимесячного возраста. Проблема актуальна, так как сведения о влиянии лизина и метионина при дополнительном введении в рационы молодняка крупного рогатого скота достаточно противоречивы и малоизучены.

Методология. Эксперименты проводились в условиях племенного предприятия Рязанской области с 2020 по 2023 годы. Кормление осуществляли по типовой схеме выращивания молодняка. В основном рационе уровень лизина к сырому протеину в первые три месяца опыта составлял 6,6-6,4 %, в дальнейшем – 6,0-5,7 %. Был проведен балансовый опыт и две серии научно-хозяйственных опытов.

Результаты. Результаты балансового опыта показали, что у животных третьей группы снизилась переваримость азота корма. В опытных группах наблюдалась повышенная экскреция азота с мочой. У телят второй группы выделялось больше азота в составе аммиака и свободных аминокислот, а у контрольной – в виде мочевины. В дальнейшем степень усвоения азота корма уменьшалась с 61-65 % до 22-28 % к трем месяцам. К шестимесячному возрасту произошло дальнейшее снижение переваримости протеина и усвоения азота организмом. Наибольший среднесуточный прирост был получен во второй группе и составил 949 г, что больше прироста телят-аналогов первой группы на 109 г, третьей группы – на 97 г и четвертой – на 51 г соответственно.

Заключение. Добавление лизина при кормлении телят не вызвало улучшений с использованием протеина отдельных аминокислот рациона и может быть целесообразным при использовании заменителей молочных кормов, поскольку их биологическая ценность ниже, чем у молока. В период перехода на растительные корма увеличение уровня лизина на 10 % от количества в рационе благоприятно сказалось на переваримости и усвоении протеина корма и среднесуточных приростах живой массы. Применение синтетических аминокислот способствует более быстрой адаптации животного к растительному корму и более интенсивному синтезу микробного белка в рубце. Увеличение количества метионина на 25-100 % способствовало некоторому увеличению среднесуточных приростов живой массы телят. Однако использование азота рациона при этом не улучшалось. У животных, получавших метионин, отмечено повышение концентрации белка в плазме, а также мочевины, аммиака в крови в 3-4-месячном возрасте.



Ключевые слова: аминокислоты, молодняк, племенное и промышленное скотоводство, средне-суточный прирост

Для цитирования: Глотова Г. Н., Позолотина В. А., Правдина Е. Н. Магомедов Г. К. Эффективность применения синтетических аминокислот при выращивании телят джерсейской породы в условиях племенного предприятия // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №4. С.5-11 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.93.30.002>

Original article

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF SYNTHETIC AMINO ACIDS IN THE CULTIVATION OF JERSEY CALVES IN THE CONDITIONS OF A BREEDING ENTERPRISE

Galina N. Glotova¹✉, Valentina A. Pozolotina², Elena N. Pravdina³ Kalaludin G. Magomedov⁴

^{1,2,3} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

⁴ Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

¹galka270280@yandex.ru

²pozolotinav@mail.ru

³epravdina@mail.ru

Annotation. The problem and the goal. The purpose of this work was to study the effectiveness of the use of synthetic amino acids in the cultivation of Jersey calves from 2 weeks to 6 months of age. The problem is relevant, since information about the effect of lysine and methionine with additional introduction into the diets of young cattle is quite contradictory and poorly studied.

Methodology. The experiments were conducted in the conditions of a breeding enterprise of the Ryazan region from 2020 to 2023. Feeding was carried out according to a typical scheme of rearing young animals. In the main diet, the level of lysine to crude protein in the first three months of the experiment was 6.6-6.4 %, later – 6.0-5.7 %. A balance experiment and two series of scientific and economic experiments were conducted.

Results. The results of the balance experiment showed that the digestibility of feed nitrogen decreased in animals of the third group. In the experimental groups, increased excretion of nitrogen in the urine was observed. In the calves of the second group, more nitrogen was released in the composition of ammonia and free amino acids, and in the control group – in the form of urea. In the future, the degree of nitrogen assimilation of feed decreased from 61-65 % to 22-28 % by three months. By the age of 6 months, there was a further decrease in protein digestibility and nitrogen assimilation by the body. The largest average daily increase was obtained in the second group and amounted to 949 g, which is more than the increase in calves of analogues of the first group by 109 g, the third group - by 97 g and the fourth – by 51 g, respectively.

Conclusion. The addition of lysine when feeding calves did not cause improvements with the use of protein of individual amino acids in the diet and may be appropriate when using substitutes for dairy feeds, since their biological value is lower than that of milk. During the transition to vegetable feed, an increase in the level of lysine by 10 % of the amount in the diet favorably affected the digestibility and assimilation of feed protein and average daily weight gain. The use of synthetic amino acids contributes to a faster adaptation of the animal to plant food and more intensive synthesis of microbial protein in the rumen. An increase in the amount of methionine by 25-100 % contributed to a slight increase in the average daily weight gain of calves. However, the use of nitrogen in the diet did not improve. In animals treated with methionine, an increase in the concentration of protein in plasma, as well as urea, ammonia in the blood at 3-4 months of age was noted.

Key words: amino acids, young animals, breeding and industrial cattle breeding, average daily growth.

For citation: Glotova G. N., Pozolotina V. A., Pravdina E. N. Magomedov K. G. The effectiveness of the use of synthetic amino acids in growing Jersey calves in a breeding enterprise conditions // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. T15, No. 4. P. 5-11 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.93.30.002>

Введение

Интенсивность роста телят является ключевым моментом при выращивании ремонтного молодняка, так как данный показатель во многом определяет не только дальнейшую молочную продуктивность, но и сроки первого осеменения и первого отела [1-4].

Как известно, синтетические аминокислоты нашли широкое применение для балансирования рационов сельскохозяйственных животных. В то же время для жвачных животных такой прием не

всегда бывает успешным, так как главной составляющей использования протеинов корма жвачными является то, что преобладающая часть образующихся в результате расщепления протеина аминокислот, пептидов и аммиака идет на синтез микробального белка, усваиваемого впоследствии организмом [5-8].

Аминокислотный состав микробального белка почти не зависит от рациона, однако рядом исследований установлено, что дача животным лимитирующих аминокислот, особенно минуя преджелуд-



ки, способствует повышению их продуктивности [9-11]. Вероятно, во многих случаях микробальный синтез белка в преджелудках не покрывает потребности высокопродуктивных животных в отдельных незаменимых аминокислотах [12-13].

Первыми лимитирующими незаменимыми аминокислотами в обменном белке кукурузно-соевых рационов жвачных являются лизин и метионин.

Изучение эффективности влияния защищенных препаратов аминокислот (лизина и метионина) в животноводстве, а также освоение новых методов балансирования рационов по незаменимым аминокислотам, позволит снизить затраты на белковые компоненты рациона, повысить рентабельность отрасли, способствовать улучшению экологической ситуации за счет снижения экскреции азота [14-15].

Ввиду того, что у телят в первые месяцы жизни преобладает моногастричный тип пищеварения, а затем постепенно развивается рубцовое пищеварение, особенно важно обеспечить аминокислотное питание в раннем возрасте [16]. Материалы о влиянии дополнительного введения в рацион лизина и метионина на рост телят и эффективность использования корма достаточно противоречивы, а условия и рационы кормления молодняка крупного рогатого скота разнообразны. Поэтому необходимо знать потребность молодняка в аминокислотах, чтобы определить необходимое количество аминокислот в кормовых добавках [17-18].

Синтетические аминокислоты позволяют специалистам по кормлению более гибко подходить к выбору кормового сырья и использовать при расчете рационов его местные виды, которые, как правило, дефицитны по содержанию отдельных аминокислот

Материалы и методы исследования

Нами было проведено несколько серий опытов в одном из хозяйств Рязанской области с 2020 по 2023 годы на телятах джерсейской породы с 14-дневного до 6-месячного возраста. Животные были подобраны методом мини-групп. Мини-группы формировали с учетом таких показателей, как породность, пол, возраст и живая масса. Подопытные животные после рождения содержались в индивидуальных клетках (до четырехнедельного возраста), затем были переведены в секции с групповым способом содержания (рис. 1).

Кормили животных по типовой схеме выращивания молодняка с использованием 380 кг цельного молока, 600 – обраты и 210 кг концентратов. Кроме того, они получали сено, силос, сенаж. В основном рационе уровень лизина к сырому протеину в первые три месяца опыта составлял 6,6-6,4 %, в дальнейшем – 6,0-5,7 %. Благодаря добавлению чистого лизина вторая группа получила на 5 %, третья группа – на 11 % лизина больше, чем первая контрольная группа (в каждой группе было пять телят-аналогов).

Для дальнейшего уточнения этих результатов провели научно-хозяйственный опыт на 36 десятидневных телятах (4 группы). Основной рацион был примерно таким же, как и ранее: первая группа получала основной рацион (полная норма мо-

лочных кормов), вторая – основной рацион + 6 % лизина, начиная с 45-дневного возраста. Телята третьей группы к месячному возрасту получали только заменитель цельного молока (рецепт ВИЖ) и комбикорм – стартер, а четвертая группа – с 10-дневного возраста дополнительно 8,5 % лизина от его количества в рационе.

В следующей серии опыта использовали метионин (было сформировано четыре группы по пять телят). Основной рацион примерно такой же. Количество метионина в нем составило в одномесячном возрасте 2,3 %, трехмесячном – 2 % и в дальнейшем – 1,7 % от сырого протеина. Благодаря добавкам, животные второй группы получали метионина на 25 %, третьей – на 50 %, четвертой – на 100 % больше, чем в контрольной группе.



Рис. 1 – Теленок джерсейской породы

Fig. 1 – Jersey calf

Все опыты были проведены с применением общепринятых зоотехнических методик.

Биометрическая обработка цифровых данных выполнялась с помощью программ Microsoft Excel и AtteStat. Средние значения показателей, полученные в результате опытов, сравнивали по результатам однофакторного дисперсионного анализа с использованием критерия Фишера.

Результаты исследований и их обсуждение

Среднесуточные приросты живой массы телят обеих опытных групп были несколько выше, чем в контрольной (1,5-2,5 и 4,5-6,0 месяцев). Животные третьей группы во все периоды росли лучше, чем сверстники второй группы (при этом прирост живой массы был примерно одинаковым).

Результаты балансового опыта, проведенного на месячных телятах, согласуются с показателями их роста. У животных третьей группы снизилась переваримость азота корма. В опытных группах наблюдалась повышенная экскреция азота с мочой. У животных второй группы выделялось больше азота в составе аммиака и свободных аминокислот, а у контрольной – в виде мочевины.

В дальнейшем, с увеличением количества растительных кормов, степень усвоения азота корма уменьшалась с 61-65 % до 22-28 % к трем месяцам. Переваримость протеина была выше в опытных группах: во второй группе на 7,0 %, в третьей – на 8,9 % (табл. 1) от принятого количества, азота усвоено телятами первой группы 22,2 %, второй – 27,4 %, третьей – 27,9 %. Лизина с мочой выделялось в зависимости от его уровня в рационе.



Таблица 1 – Баланс азота у телят 3,5-месячного возраста, на голову в сутки

Показатель	Группа		
	первая	вторая	третья
Принято с кормом, г	89,56±2,18	85,42±4,09	84,97±0,53
Выделено, г			
С калом	39,18±0,66	30,60±3,56	29,54±3,42
С мочой	30,37±1,28	30,99±1,12*	31,72±1,26
Усвоено, г	20,02±2,32	23,82±3,20	23,70±4,11
Тоже к принятому, %	22,2±2,1	27,4±3,2**	27,9±4,9

Примечание: * – P<0,05; ** – P<0,01

Наибольший показатель переваримости корма был у второй группы – 65,2 %, что на 1,9 % больше чем у третьей группы и на 8,9 % чем у первой группы животных (рис. 2).

К 6-месячному возрасту происходит дальнейшее снижение переваримости протеина и усвоения азота организмом. В опытных группах протеин переваривался на 3,7 % лучше, а азот усваивался на 6,3 % больше, чем в контрольной группе. После благоприятного введения добавок лизина наблюдалось увеличение среднесуточных приростов у телят в возрасте 3,5-6 месяцев. Также наблюдалась активация микробиологических процессов в рубце.

Увеличение уровня лизина в рационе способствовало повышению среднесуточных приростов молодняка, особенно после возраста 3,5 месяца (рис. 3).

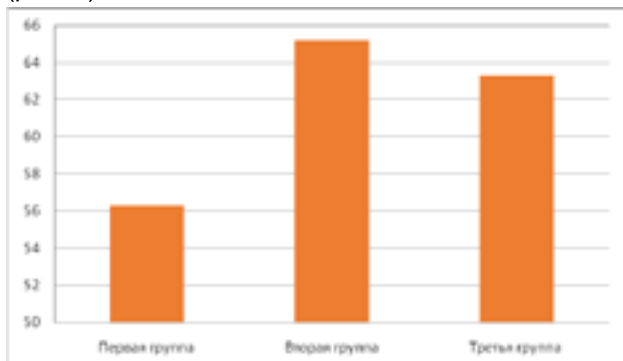


Рис. 2 – Переваримость корма по группам телят, %
Fig. 2 – Digestibility of feed by groups of calves, %

Среднесуточный прирост телят за пять месяцев показал, что наибольший среднесуточный прирост был получен во второй группе и составил 949 г, что больше прироста аналогов первой группы на 109 г, третьей группы – на 97 г и четвертой – на 51 г соответственно (рис. 4).

Увеличение прироста во второй группе по сравнению с контрольной в период с 3,5 по 4,5 месяцев составило 24 %, а с 4,5 до 5,5 – 12 %. Анализ рубцового содержимого 4-месячных телят пока-

зал, что более высокий уровень ферментативных процессов был в рубце молодняка второй группы.

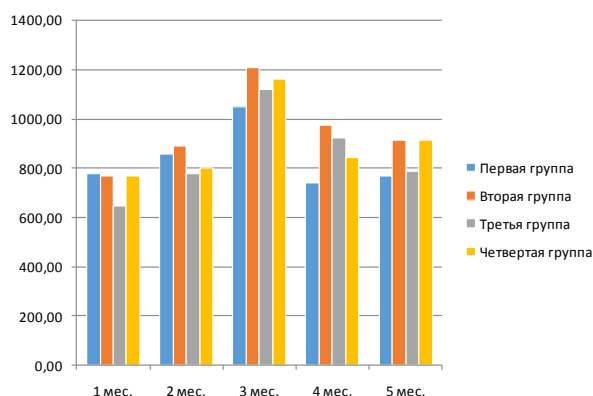


Рис. 3 – Среднесуточный прирост телят по месяцам, г
Fig. 3 – Average daily growth of calves by month, g

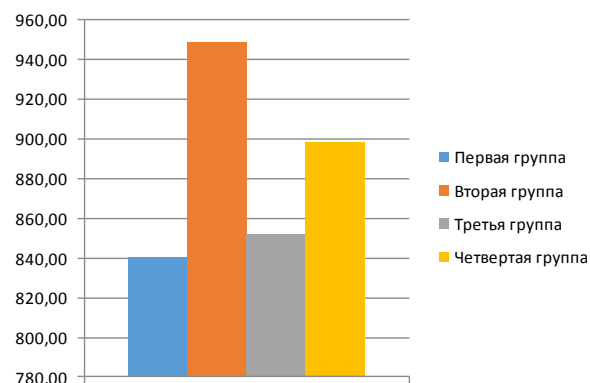


Рис. 4 – Среднесуточный прирост за пять месяцев по группам телят, г
Fig. 4 – Average daily increase over five months by groups of calves, g

Среднесуточный прирост подопытных животных почти во все периоды был выше, чем контрольных (табл. 2).

Таблица 2 – Среднесуточный прирост телят по группам, г

Возраст, месяцев	Группа			
	первая	вторая	третья	четвертая
1	577±62	548±64	602±67	616±76
2	753±68	906±23	834±47	784±80



Продолжение таблицы 2

3	746±32	834±107	796±54	763±62
4	854±85	864±159	992±45	928±84
5	888±22	963±223*	702±163	898±71
6	992±139	1310±155	1033±98	1263±166
За 6 месяцев	805±62	900±124**	830±66	862±84
% к контролю	100	112	103	107

Примечание: * – P<0,05; ** – P<0,01

Баланс азота, проведенный в трехмесячном возрасте, показал, что разница между группами по переваримости протеина и усвоению азота статистически недостоверна, хотя усвоение его телятами опытных групп было несколько меньшим. Животные первой группы выделяли в сутки с аммиаком мочи 0,88 г азота, второй – 0,69 г, третьей – 1,10 г.

Ранее также сообщалось, что добавка метионина в рацион в количестве 1,1; 2,2; 4,4 % от переваримого протеина не улучшала использование азота корма молодняком 6-месячного возраста.

Несмотря на потребление телятами разного количества метионина, с калом и мочой его выделялось приблизительно одинаковое количество. Ранее было отмечено, что в возрасте 1,5-3 месяцев у телят в организме задерживается до 90 % принятого метионина, а прирост увеличивается всего до 18 %. В свою очередь, $\frac{3}{4}$ принятого количества метионина используется для синтеза других веществ или разрушается.

По-видимому, значительную роль здесь играет рубцовая микрофлора. Было обнаружено, что при исследовании рубцового содержимого, взятого у 3,5-месячных телят третьей группы, за 1 час количество метионина уменьшается на 13 %, за 1,5 часа – 25 %. Это говорит о том, что метионин разрушается больше, чем образуется.

Установлено также, что больших различий между группами по концентрации белка в плазме нет. В общем, заметна тенденция к повышению концентрации белка в плазме крови телят опытных групп, что свидетельствует о благоприятном влиянии добавок метионина. Процент альбумина в плазме крови у молодняка разных групп существенно не различался. Отмечено более высокое содержание альфа-глобулинов в плазме крови животных двухмесячного возраста опытных групп, особенно третьей и четвертой, затем оно снизилось и оказалось меньше, чем в контроле. С увеличением уровня метионина в рационе различие в белковом составе плазмы становится большим.

Заключение

Таким образом, при выращивании телят добавление лизина при кормлении животных не вызвало улучшения использования протеина отдельными аминокислот рациона. Оно может быть целесообразным при использовании заменителей молочных кормов, поскольку их биологическая ценность (в частности, содержание в них лизина) ниже, чем у молока. В период перехода на растительные корма увеличение уровня лизина на 10 % от количества в рационе благоприятно сказывается на переваримости и усвоении протеина корма, а

также на среднесуточных приростах, что способствует более быстрой адаптации животного к растительному корму и более интенсивному синтезу микробного белка в рубце.

Опыт с разным уровнем метионина в рационе телят показал, что увеличение количества на 25, 50 или 100 % способствовало некоторому увеличению среднесуточных приростов живой массы животных. Однако использование азота рациона при этом не улучшалось. У телят, получавших метионин, отмечено повышение концентрации белка в плазме, а также мочевины, аммиака в крови в 3-4-месячном возрасте. В этом опыте увеличение уровня метионина в рационе животных до 6 месяцев сверх нормы на 2,9 %, в 6 месяцев – 2,1 % от сырого протеина было нецелесообразным.

Список источников

1. Андреева, А. В. Влияние пробиотика «Энзимспорин» на естественную резистентность и прирост живой массы телят / А. В. Андреева, Г. М. Султангазин, О. Н. Николаева // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2(46). – С. 54-57. – DOI 10.31563/1684-7628-2018-46-2-54-57. – EDN XREAKD.
2. Естественная резистентность и приросты живой массы поросят при включении в рацион Пикумина / В. А. Медведский, Г. А. Соколов, М. А. Макарук, В. Н. Лаптенко // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 1994. – Т. 31. – С. 169-172. – EDN ZRSVJG.
3. Патент № 2146476 С1 Российская Федерация, МПК А23К 1/17. Способ повышения прироста живой массы телят молочного периода: № 96110444/13 : заявл. 23.05.1996 : опубл. 20.03.2000 / А. Н. Панов ; заявитель Филиал Института леса им.В.Н.Сукачева. – EDN EWWDAK.
4. Харитонов, Л. Аминокислоты как иммуномодуляторы при выращивании телят / Л. Харитонов // Комбикорма. – 2020. – № 2. – С. 73-75. – DOI 10.25741/2413-287X-2020-02-4-095. – EDN MAPXSO.
5. Орлов, М. М. Влияния кормового антибиотика, лизина d1-метионина на прирост живой массы телят / М. М. Орлов // Вклад молодых ученых в аграрную науку : МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Самара, 07 апреля 2021 года. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – С. 357-359. – EDN KPDKSZ.
6. Каширина, Л. Г. Использование грубого корма, обработанного давлением, на заключительном этапе откорма бычков / Л. Г. Каширина, Л. А. Павлова // Вестник Рязанского государственного



агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 20-26. – DOI 10.36508/RSATU.2022.24.35.004. – EDN CBLUVK.

7. Лихачева, Т. Е. Влияние гаплотипа «дефицит холестерина» (HCD) на интенсивность прироста живой массы телок голштинской породы / Т. Е. Лихачева, М. В. Позовникова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1(75). – С. 166-168. – EDN YXZNDN.

8. Влияние кормовой растворимой смеси «Бу-стер Милк» на прирост живой массы и сохранность телят / Е. Е. Козлов, Э. Е. Острикова, Л. П. Миронова, А. С. Дегтярь // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3(49). – С. 61-69. – EDN YISEFX.

9. Муруев, А. В. Стимуляция прироста живой массы и половой зрелости у телят мясной породы / А. В. Муруев, Ж. Н. Жапов // Зоотехния. – 2008. – № 6. – С. 20-21. – EDN JVLJSL.

10. Муруев, А. В. Интенсификация прироста живой массы телят в постнатальный период биотехнологическими методами / А. В. Муруев, Ж. Н. Жапов, П. С. Лиханов // Вестник Бурятского государственного университета. – 2007. – № 3. – С. 200-202. – EDN IAKYRF.

11. Анализ использования генотипирования по полиморфным системам групп крови и белкам молока в племенном и промышленном скотоводстве / Г. В. Уливанова, Г. Н. Глотова, О. А. Федосова, Е. А. Рыданова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 1(45). – С. 63-69. – DOI 10.36508/RSATU.2020.45.1.011. – EDN EYWISY.

12. Studying the Mechanism of Action of the Infusion of Serviceberries / L. G. Kashirina, I. V. Shcherbakova, K. I. Romanov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,

Veliky Novgorod, 07 октября 2021 года. – Veliky Novgorod, 2021. – P. 012044. – DOI 10.1088/1755-1315/852/1/012044. – EDN VOHYKH.

13. Кондакова, И. Способ лечения болезней органов пищеварения молодняка / И. Кондакова, И. Рапцун // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2021. – № 1. – С. 40-45. – EDN AMTVAE.

14. Trifanov, A. V. Effect of compound feed acidification on the body weight gain of quails on mini-farms / A. V. Trifanov, E. A. Tikhonov, V. I. Bazykin // E3S Web of Conferences : 13, Rostovon-Don, 26–28 февраля 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 04005. – DOI 10.1051/e3sconf/202017504005. – EDN LSVAOF.

15. Kashirina, L. The effect of antioxidant drugs on veterinary and sanitary parameters of cow's milk / L. Kashirina, K. Ivanischev, K. Romanov // E3S Web of Conferences, Yekaterinburg, 15–16 октября 2020 года. – Yekaterinburg, 2020. – P. 2014. – DOI 10.1051/e3sconf/202022202014. – EDN EJENPS.

16. Корвяков, А. М. Влияние различных доз комплексного пробиотического препарата на физиологическое состояние и прирост живой массы телят / А. М. Корвяков, П. И. Тищенко // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2015. – № 5. – С. 59-63. – EDN TRKBED.

17. Шабунин, С. Сравнительная оценка влияния селемага и селеданта на прирост массы тела и биохимический статус телят / С. Шабунин, В. Белаяев // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2014. – № 1. – С. 10-14. – EDN VXKJLO.

18. Третьяков, Е. А. Динамика живой массы и приростов ремонтных телок Вологодского типа черно-пестрой породы разных линий / Е. А. Третьяков, А. П. Кичина // Молочнохозяйственный вестник. – 2021. – № 3(43). – С. 85-98. – DOI 10.52231/2225-4269_2021_3_85. – EDN DAZAVN.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Andreeva, A. V. Vliyanie probiotika «Enzimsporin» na estestvennyu rezistentnost' i prirost zhivoj massy telyat / A. V. Andreeva, G. M. Sultangazin, O. N. Nikolaeva // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 2(46). – S. 54-57. – DOI 10.31563/1684-7628-2018-46-2-54-57. – EDN XREAKD.

2. Estestvennaya rezistentnost' i prirosty zhivoj massy porosyat pri vklyuchenii v racion Pikumina / V. A. Medvedskij, G. A. Sokolov, M. A. Makaruk, V. N. Laptinok // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – 1994. – Т. 31. – S. 169-172. – EDN ZRSVJG.

3. Patent № 2146476 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A23K 1/17. Sposob povysheniya prirosta zhivoj massy telyat molochnogo perioda: № 96110444/13 : zayavl. 23.05.1996 : opubl. 20.03.2000 / A. N. Panov ; zayavitel' Filial Instituta lesa im.V.N.Sukacheva. – EDN EWWDAK.

4. Haritonov, L. Aminokisloty kak immunomodulyatory pri vyrashchivanii telyat / L. Haritonov // Kombikorma. – 2020. – № 2. – S. 73-75. – DOI 10.25741/2413-287X-2020-02-4-095. – EDN MAPXSO.

5. Orlov, M. M. Vliyaniya kormovogo antibiotika, lizina d1-metionina na prirost zhivoj massy telyat / M. M. Orlov // Vklad molodyh uchenykh v agrarnuyu nauku : MATERIALY MEZHDUNARODNOJ NAUCHNO-PRAKTICHESKOJ KONFERENCII, Samara, 07 aprelya 2021 goda. – Kinel': IBC Samarskogo GAU, 2021. – S. 357-359. – EDN KPDKSZ.

6. Kashirina, L. G. Ispol'zovanie grubogo korma, obrabotannogo davleniem, na zaklyuchitel'nom etape otkorma bychkov / L. G. Kashirina, L. A. Pavlova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2022. – Т. 14, № 4. – S. 20-26. – DOI 10.36508/RSATU.2022.24.35.004. – EDN CBLUVK.

7. Lihacheva, T. E. Vliyanie gaplotipa «deficit holesterina» (HCD) na intensivnost' prirosta zhivoj massy



telok golshtinskoj porody / T. E. Lihacheva, M. V. Pozovnikova // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 1(75). – S. 166-168. – EDN YXZNDN.

8. Vliyanie kormovoj rastvorimoi smesi «Buster Milk» na prirost zhivoj massy i sohrannost' telyat / E. E. Kozlov, E. E. Ostrikova, L. P. Mironova, A. S. Degtyar' // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 3(49). – S. 61-69. – EDN YISEFX.

9. Muruev, A. V. Stimulyaciya prirosta zhivoj massy i polovoj zrelosti u telyat myasnoj porody / A. V. Muruev, ZH. N. ZHapov // Zootekhnika. – 2008. – № 6. – S. 20-21. – EDN JVLJSL.

10. Muruev, A. V. Intensifikaciya prirosta zhivoj massy telyat v postnatal'nyj period biotekhnologicheskimi metodami / A. V. Muruev, ZH. N. ZHapov, P. S. Lihanov // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2007. – № 3. – S. 200-202. – EDN IAKYRF.

11. Analiz ispol'zovaniya genotipirovaniya po polimorfnyim sistemam grupp krovi i belkam moloka v plemennom i promyshlennom skotovodstve / G. V. Ulivanova, G. N. Glotova, O. A. Fedosova, E. A. Rydanova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2020. – № 1(45). – S. 63-69. – DOI 10.36508/RSATU.2020.45.1.011. – EDN EYWISY.

12. Studying the Mechanism of Action of the Infusion of Serviceberries / L. G. Kashirina, I. V. Shcherbakova, K. I. Romanov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Veliky Novgorod, 07 oktyabrya 2021 goda. – Veliky Novgorod, 2021. – P. 012044. – DOI 10.1088/1755-1315/852/1/012044. – EDN VOHYKH.

13. Kondakova, I. Sposob lecheniya boleznej organov pishchevareniya molodnyaka / I. Kondakova, I. Rapcun // Veterinariya sel'skohozyajstvennykh zhivotnykh. – 2021. – № 1. – S. 40-45. – EDN AMTVAE.

14. Trifanov, A. V. Effect of compound feed acidification on the body weight gain of quails on mini-farms / A. V. Trifanov, E. A. Tikhonov, V. I. Bazykin // E3S Web of Conferences : 13, Rostovon-Don, 26–28 fevralya 2020 goda. – Rostovon-Don, 2020. – P. 04005. – DOI 10.1051/e3sconf/202017504005. – EDN LSVAF.

15. Kashirina, L. The effect of antioxidant drugs on veterinary and sanitary parameters of cow's milk / L. Kashirina, K. Ivanishev, K. Romanov // E3S Web of Conferences, Yekaterinburg, 15–16 oktyabrya 2020 goda. – Yekaterinburg, 2020. – P. 2014. – DOI 10.1051/e3sconf/202022202014. – EDN EJENPS.

16. Korvyakov, A. M. Vliyanie razlichnykh doz kompleksnogo probioticheskogo preparata na fiziologicheskoe sostoyanie i prirost zhivoj massy telyat / A. M. Korvyakov, P. I. Tishenkov // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya. – 2015. – № 5. – S. 59-63. – EDN TRKBED.

17. SHabunin, S. Sravnitel'naya ocenka vliyaniya selemaga i seledanta na prirost massy tela i biohimicheskij status telyat / S. SHabunin, V. Belyaev // Veterinariya sel'skohozyajstvennykh zhivotnykh. – 2014. – № 1. – S. 10-14. – EDN VXKJLO.

18. Tret'yakov, E. A. Dinamika zhivoj massy i prirostov remontnykh telok Vologodskogo tipa cherno-pestroj porody raznykh linij / E. A. Tret'yakov, A. P. Kichina // Molochnohozyajstvennyj vestnik. – 2021. – № 3(43). – S. 85-98. – DOI 10.52231/2225-4269_2021_3_85. – EDN DAZAVN.

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

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

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

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

Магомедов Калалудин Газимагомедович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова

Author information

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

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

Pravdina Elena N., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, epravdina@mail.ru

Magomedov Kalaludin G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Статья поступила в редакцию 24.11.2023; одобрена после рецензирования 09.12.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 24.11.2023; approved after reviewing 09.12.2023; accepted for publication 12.12.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т. 15, №4, с. 12-17
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №4, pp. 12-17

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 633.34.631.87
DOI: 10.36508/RSATU.2023.95.13.003

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО РАПСА И СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ И АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Елена Владимировна Демьяненко¹, Владимир Владимирович Карпачев², Евгений Игоревич Сеничев³

¹ Калужский филиал, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Калуга, Россия

^{2,3} Липецкий научно-исследовательский институт рапса - филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Липецк, Россия

¹ vaselevs61@mail.ru,

² karpachevv@gmail.com,

³ soya@lniir.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Соя и рапс – трудоёмкие, но при этом высокодоходные сельскохозяйственные культуры. В хозяйствах, которые получают высокие урожаи данных культур, их выращивание является высокодоходным производством. Урожайность сои зависит от количества осадков, которые максимально эффективными являются в фазы цветения – бобообразования и налива семян, а ярового рапса – в фазы бутонизации, цветения и формирования генеративных органов культуры. Необходимым условием формирования высоких и стабильных урожаев сои и рапса являются не только погодные условия, но и элементы питания. Целью настоящего исследования являлось установление особенностей формирования продуктивности сои и рапса в условиях применения гуминовых удобрений в зависимости от агрометеорологических условий.

Методология. Исследования были проведены в условиях опытного поля Калужского филиала РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева в 2018-2020 годах. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная. Содержание гумуса 1,1-1,3 %, рН 6,0-6,7. Объектами исследования являлись соя сорта северного экотипа Георгия, рапс сорта Ратник и гуминовые удобрения Георост, Геотон и Гумитон.

Результаты. В результате исследований, направленных на выявление особенностей формирования продуктивности сои сорта Георгия и ярового рапса сорта Ратник в зависимости от применяемых в опыте гуминовых удобрений и погодных условий, установлено: растения изучаемых вариантов имели разную интенсивность роста в зависимости от агрометеорологических условий вегетационных периодов, что, как следствие, сказалось на урожайности культуры. Наибольший урожай семян фиксировали в 2020 году на варианте с применением удобрения Гумитон – 30,8 ц/га и 4,3 т/га соответственно. Обработка посевов Гумитоном была самой эффективной относительно других гуминовых препаратов.

Заключение. Результаты исследования позволили продемонстрировать целесообразность применения гуминовых удобрений в агроценозах сои и рапса с целью увеличения продуктивного потенциала растений в нестабильных агрометеорологических условиях.

Ключевые слова: рапс, соя, продуктивность, климатические условия, удобрения, биометрические показатели

Для цитирования: Демьяненко Е.В., Карпачев В.В., Сеничев Е.И. Продуктивность ярового рапса и сои в зависимости от применения гуминовых удобрений и агрометеорологических условий // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №4. С. 12-17 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.95.13.003>



Original article

PRODUCTIVITY OF SPRING RAPESEED AND SOYBEANS DEPENDING ON THE USE OF HUMIC FERTILIZERS AND AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS**Elena V. Demyanenko**¹✉, **Vladimir V. Karpachev**², **Evgeniy I. Senichev**³¹ Kaluga branch, RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, Kaluga, Russia^{2,3} Lipetsk Research Institute of Rape - branch of the Federal State Budgetary Institution FSC VNIIMK, Lipetsk, Russia¹ vaselevs61@mail.ru,² karpachevv@gmail.com,³ soya@lniir.ru**Annotation.**

Problem and purpose. Soybeans and rapeseed are labor-intensive, but at the same time highly profitable agricultural crops. In farms that receive high yields of these crops, their cultivation is a highly profitable production. The yield of soybeans depends on the amount of precipitation, which is most effective in the flowering phases – bean formation and seed filling, and spring rapeseed in the phases of budding, flowering and formation of generative organs of culture. A necessary condition for the formation of high and stable yields of soybeans and rapeseed are not only weather conditions, but also nutrition elements. The purpose of this study was to establish the characteristics of the formation of productivity of soybeans and rapeseed with the use of humic fertilizers, depending on agrometeorological conditions.

Methodology. The research was carried out in the conditions of the experimental field of the Kaluga branch of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev in 2018-2020. The soil of the experimental site is sod-podzolic sandy loam. The humus content is 1.1-1.3 %, pH 6.0-6.7. The objects of the study were the soybean variety of the northern ecotype of George, rapeseed Ratnik and humic fertilizers Georost, Geoton and Humiton.

Results. As a result of studies aimed at identifying the peculiarities of the formation of the productivity of soybeans of the George variety and spring rapeseed of the Ratnik variety, depending on the humic fertilizers used in the experiment and weather conditions, it was found that the plants of the studied variants had different growth rates depending on the agrometeorological conditions of the growing seasons, which consequently affected the crop yield, the highest seed yield was recorded in 2020, on the variant with the use of Humiton fertilizer – 30.8 t/ha and 4.3 t/ha, respectively. The treatment of crops with Humiton was the most effective relative to other humic preparations.

Conclusion. The results of the study made it possible to demonstrate the feasibility of using humic fertilizers in soybean and rapeseed agrocenoses in order to increase the productive potential of plants in unstable agrometeorological conditions.

Key words: rapeseed, soy, productivity, climatic conditions, fertilizers, biometric indicators

For citation: Demyanenko E.V., Karpachev V.V., Senichev E.I. Productivity of spring rapeseed and soybeans depending on the use of humic fertilizers and agrometeorological conditions // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, N. 4, P. 12-17 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.95.13.003>

Введение

Соя – культура мирового значения, является одной из наиболее часто выращиваемых культур. Она богата маслом и белком, используется для потребления человеком и животными, а также в промышленных целях. Растения сои играют важную роль в диверсификации посевов и способствуют росту других культур, насыщая почву азотом [5, 6, 18].

Наиболее важными странами мира с самыми высокими показателями производства сои являются США, Бразилия, Аргентина, Китай и Индия [17].

Урожай сои подвержен многим неблагоприятным условиям окружающей среды, среди них – стресс от засухи, который является причиной больших потерь урожая.

Соя является важным источником пищи и поэтому необходимы дополнительные исследования для повышения ее урожайности в различных условиях, включая стресс [6, 7].

Рапс является ценной масличной и кормовой культурой, урожайность которой зависит от погодных условий, а также от питания растений в процессе всего вегетационного периода [1, 2, 13, 16].

Внекорневое удобрение сои и рапса в период налива семян является эффективным агроприёмом, который повышает их урожайность. Внекорневые подкормки можно использовать, чтобы избежать истощения таких питательных веществ в листьях как N, P, K и S и, как следствие, снижения скорости фотосинтеза в этот период из-за плохого усвоения питательных веществ из почвы и перемещения этих элементов из листьев в развивающиеся семена [8-12]. Внекорневая подкормка в период налива семян может стать очень практичным методом повышения урожайности культур [3, 14, 15].

Цель исследования – изучить влияние гуминовых удобрений на урожайность сои и рапса в зависимости от агрометеорологических условий.



Объекты и методы исследований

Исследования проводились на опытном поле Калужского филиала РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева в 2018-2020 годах. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная. Содержание в пахотном слое: гумуса 1,1-1,3 %, подвижных форм фосфора – высокое и калия – среднее, рН 6,0-6,7. Опыт проводили на естественном плодородии, агротехника общепринятая, в день посева проводили инокуляцию семян ризоторфином. Выращивание сои осуществлялось на фоне внесения минеральных удобрений под предпосевную культивацию в дозе $N_{75}P_{30}K_{30}$, доза для ярового рапса составила $N_{120}P_{45}K_{45}$.

Объект исследования – сорт сои северного экотипа Георгия, селекция Рязанского НИПТИ АПК, ультраскороспелый, вегетационный период 94-105 дней. Предназначен для возделывания на зерно. Содержание сырого белка в семенах – 38,6-45,0; жира – 19,0-21,7 %. Средняя урожайность зерна составляет 22,4 ц/га, а максимальная – 28,3 ц/га. Сбор сырого протеина с 1 га в среднем за четыре года исследований составил 900, жира – 453 кг/га [4]. Сорт ярового рапса – Ратник. Устойчив к болезням, полеганию и осыпанию семян. Сорт среднеспелый, вегетационный период 94-112 дней. Характеризуется высокой степенью адаптации к агроклиматическим условиям.

Норма высева сои – 650 тыс. шт./га, ярового рапса – 2,5 млн шт./га.

В опыте использовали следующие удобрения:

Георост – высокоэффективное ростостимулирующее гуминовое удобрение, основным действующим веществом являются органические кислоты (гуминовая и фульвовая) с микроэлементами в хелатной форме (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Mo).

Геотон – химически переработанный верховой торф: N – 9 %; P – 22 %; K – 26 %; гуматы калия – 10 %. Способствует увеличению урожая, улучшению его качества; ускоряет созревание урожая; отсутствует полегание.

Гумитон – высокоэффективный препарат на основе биологически активных компонентов торфа, он представляет собой комплексный универсальный жидкий концентрат.

Опыты заложены согласно методическим рекомендациям в изложении Б.А. Доспехова. Повторность опытов четырехкратная. Площадь опытной делянки в опытах 130 м², учётной – 100 м².

Результаты исследований

Метеорологические условия вегетационных периодов различались между собой, что отразилось на росте и развитии растений сои сорта Георгия (рис. 1). Максимальную высоту растения сои развивали в условиях 2020 года. Следует отметить, что обработка растений препаратами сказалась на увеличении данного показателя. Обработка Гумитоном способствовала прибавке высоты на 18-19 см, Геотоном на 16-17 см, Георостом – на 8-10 см.

Ультраскороспелые сорта сои северного экотипа представлены, в основном, карликовыми и полукарликовыми растениями (с высотой 15-50 см).

Растения сои сорта Георгия изучаемых вариантов имели разную интенсивность роста в зависимости от агрометеорологических условий вегетационных периодов. Так, в 2018 году количество выпавших осадков (рис. 2) было ниже среднегодовых показателей, а температура воздуха (рис. 3) в первой половине вегетации – ниже среднегодовых показателей, а в период июль-август – выше среднегодовых показателей, что благоприятно повлияло на действие изучаемых удобрений. Максимальная высота растений сои наблюдалась в варианте с применением препарата Гумитон.

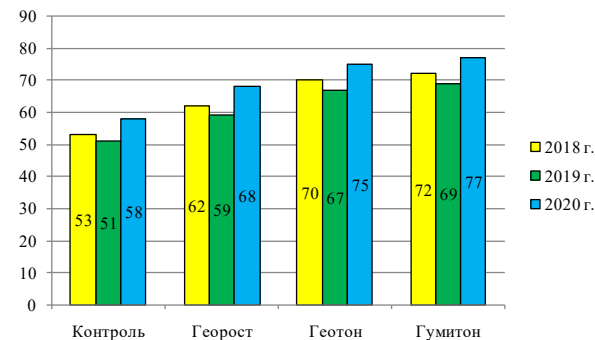


Рис. 1 – Высота растений сои в зависимости от удобрения, см. (2018-2020 гг.)

Fig. 1 – Height of soybean plants depending on fertilizer, cm. (2018-2020)



Рис.2 – Количество осадков за периоды вегетации 2018-2020 гг.

Fig. 2 – Amount of precipitation during the growing season 2018-2020



Рис. 3 – Температура воздуха за периоды вегетации 2018-2020 гг.

Fig. 3 – Air temperature during the growing season 2018-2020



В 2019 году влагообеспеченность посевов сои была достаточной, но распределялась неравномерно по декадам вегетационного периода, температура воздуха была ниже среднемноголетних показаний в период роста – июнь-август. В таких условиях высота растений немного была ниже, чем в 2018 году, но максимальное значение наблюдалось в варианте с применением удобрения Гумитон.

Вегетационный период 2020 года характери-

зовался низкой температурой воздуха в мае и равномерным распределением тепла в период вегетации. В варианте с применением удобрения Гумитон наибольшая высота растений была выше, чем у растений других опытных вариантов (табл. 1). По всем годам исследования в контрольных вариантах фиксировалась наименьшая высота растений сои. В 2020 году высота растений всех вариантов была выше, чем в 2018 и 2019 годах.

Таблица 1 – Показатели продуктивности сои в зависимости от удобрения, 2018-2020 гг.

Показатель	Год	Контроль	Георост	Геотон	Гумитон
Масса семян, г/ раст.	2018	5,2	6,2	6,4	6,6
	2019	3,8	5,7	6,0	6,1
	2020	6,1	6,6	6,6	7,7
Масса 1000 семян, г	2018	130	137,0	132,0	132
	2019	128	139,4	131,0	132
	2020	132	141,0	132,0	137
Урожайность, ц/га	2018	20,2	26,3	26,6	27,4
	2019	14,8	23,0	23,6	25,6
	2020	23,2	27,0	27,4	30,8
	В среднем за 3 года	19,4	25,4	25,8	27,9
НСР ₀₅ урожайность (ц/га), взаимодействия АВ – 2,16					

Причем максимальное ее значение наблюдалось в вариантах с применением гуминовых удобрений в благоприятные по метеоусловиям 2018 и 2020 годы.

Конечным результатом исследований является урожайность культуры. Наибольший урожай семян был получен в 2020 году. Максимальная урожайность отмечалась в варианте с применением удобрения Гумитон – 30,8 ц/га. В среднем за три года наибольший урожай семян наблюдался в этом же варианте и составил 27,9 ц/га. В среднем за годы

наблюдений применение современных гуминовых удобрений Георост, Геотон и Гумитон существенно повышало урожайность семян сои в разные по метеоусловиям годы.

Продуктивность ярового рапса в годы исследований была различной. Самым продуктивным годом оказался 2020, когда урожайность в среднем составляла по вариантам исследования 33,1-40,1 ц/га. В 2019 году урожайность рапса составляла минимальные значения в опыте (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели продуктивности ярового рапса в зависимости от удобрения, 2018-2020 гг.

Показатель	Год	Контроль	Георост	Геотон	Гумитон
Количество стручков на растении, шт	2018	51,2	55,3	58,3	61,2
	2019	41,5	52,3	56,9	60,0
	2020	55,0	57,8	59,8	63,8
Масса 1000 семян, г	2018	2,5	3,1	3,2	3,3
	2019	2,3	2,7	2,8	2,9
	2020	2,9	3,4	3,6	3,7
Урожайность, ц/га	2018	26,0	36,1	37,3	39,1
	2019	20,1	29,2	33,8	34,0
	2020	33,1	41,0	39,5	40,1
	В среднем за 3 года	26,4	35,4	36,8	37,7
НСР ₀₅ урожайность (ц/га), взаимодействия АВ – 1,03					



Обработка посевов Гумитоном была наиболее эффективной относительно других гуминовых препаратов. Средняя урожайность на данном варианте составила 3,8 т/га, что превышало контроль на 46,2 %

Заключение

Испытания гуминовых препаратов в посевах сои и ярового рапса в разных метеорологических условиях 2018-2020 годов показали, что увеличение продуктивности происходило за счёт увеличения высоты растений, массы семян с растения и массы 1000 семян. Следовательно, в наших опытах решающее влияние на показатели урожайности оказывали метеорологические условия вегетационных периодов и действие препаратов Георост, Геотон и Гумитон. По результатам трехлетних исследований наиболее высокая прибавка урожая у сои выявлена по вариантам с действием удобрения Гумитон – 27,9 ц/га (+8,5 ц/га к контролю), у рапса ярового – 37,7 ц/га (+11,3 ц/га), также с действием удобрения Гумитон. Отметим, что все варианты с действием исследуемых удобрений показали существенную прибавку урожая семян относительно контроля.

Список источников

1. Виноградов, Д. В. Использование капустных культур / Д. В. Виноградов // Пчеловодство. – 2009. – № 5. – С. 23-24.
2. Виноградов, Д. В. Пути повышения ресурсосбережения в интенсивном производстве ярового рапса / Д. В. Виноградов // Международный технико-экономический журнал. – 2009. – № 2. – С. 62-64.
3. Гулидова, В. А. Испытания сортов и гибридов ярового рапса в Лесостепи ЦЧР / В. А. Гулидова, Т. В. Зубкова // Земледелие. – 2012. – № 7. – С. 41-42.
4. Гуреева, М. П. Ресурсосберегающая технология производства семян сои в адаптивно-ландшафтном земледелии Рязанской области / М. П. Гуреева // Рязань: ООО «Шиловская типография», 2005. – 12 с.
5. Демьяненко, Е. В. Продуктивность сои сорта Касатка в зависимости от обработок препаратом Мивал-Агро в условиях Калужской области / Е. В. Демьяненко, З. С. Федорова // Аграрная наука и развитие отраслей сельского хозяйства региона: Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 100-летию института, с. Калужская, 09 апреля 2020 года. – Калуга: Калужский НИИСХ - филиал "ФИЦ картофеля им. А. Г. Лорха", 2020. – С. 122-125.
6. Демьяненко, Е. В. Устойчивость сои северного экотипа в зависимости от степени повреждения и поражения растений: специальность 06.01.09 "Овощеводство": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Демьяненко Елена Владимировна. – Москва, 2002. – 123 с.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Vinogradov, D. V. Ispol'zovanie kapustnykh kul'tur / D. V. Vinogradov // Pchelovodstvo. – 2009. – № 5.

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

8. Зубкова, Т. В. Влияние комплексных микроудобрений на качество и урожайность семян ярового рапса / Т. В. Зубкова, В. А. Гулидова // Земледелие. – 2012. – № 8. – С. 44-45.

9. Зубкова, Т. В. Влияние органических удобрений и природного цеолита на морфометрические характеристики пыльцы Brassica napus / Т. В. Зубкова, Д. В. Виноградов // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 2(191). – С. 12-19.

10. Зубкова, Т. В. Исследование влияния органических и минеральных удобрений на урожайность рапса и зольный состав его маслосемян / Т. В. Зубкова, С. М. Мотылева, Д. В. Виноградов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1(57). – С. 77-84.

11. Зубкова, Т. В. Продуктивность ярового рапса при использовании многокомпонентных удобрений / Т. В. Зубкова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. – 2022. – Т. 17, № 1. – С. 7-19.

12. Зубкова, Т. В. Результаты агроэкологического испытания сортов ярового рапса в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона и анализ качества масла, полученного из его семян / Т. В. Зубкова // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 1(178). – С. 69-75. – DOI 10.36718/1819-4036-2022-1-69-75.

13. Зубкова, Т. В. Особенности применения микроудобрений в агроценозах ярового рапса / Т. В. Зубкова, М. Т. Мухина, Д. В. Виноградов // Плодородие. – 2023. – № 3(132). – С. 44-48.

14. Лупова, Е. И. Влияние гуминового удобрения и доз минеральных удобрений на продуктивность ярового рапса / Е. И. Лупова, Д. В. Виноградов // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 3(84). – С. 31-37.

15. Лупова, Е. И. Влияние различных уровней минерального питания на урожайность масличных культур / Е. И. Лупова, К. В. Наумцева, Д. В. Виноградов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 23-29.

16. Сазонкин, К. Д. Продуктивность озимого рапса в условиях Рязанской области / К. Д. Сазонкин, Д. В. Виноградов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 5(199). – С. 16-22.

17. Pagano, M. S., Miransari, M. The importance of soybean production worldwide // Abiotic and biotic stresses in soybean production. – Academic Press, 2016. – pp. 1-26.

18. Garcia, L. R., Hanway, J. J. Foliar top dressing of soybeans during the seed filling period 1 // Agronomic Journal. 1976. – p. 68. – No. 4. – p. 653-657.



– S. 23-24.

2. Vinogradov, D.V. Puti povysheniya resursosberezheniya v intensivnom proizvodstve yarovogo rapsa / D. V. Vinogradov // *Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal*. – 2009. – № 2. – S. 62-64.

3. Gulidova, V.A. Ispytaniya sortov i gibridov yarovogo rapsa v Lesostepi CCHR / V. A. Gulidova, T. V. Zubkova // *Zemledelie*. – 2012. – № 7. – S. 41-42.

4. Gureeva, M.P. Resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva semyan soi v adaptivno-landshaftnom zemledelii Ryazanskoj oblasti / M.P. Gureeva Ryazan': OOO «SHilovskaya tipografiya», 2005. – 12 s.

5. Dem'yanenko, E.V. Produktivnost' soi sorta Kasatka v zavisimosti ot obrabotok preparatom Mival-Agro v usloviyah Kaluzhskoj oblasti / E. V. Dem'yanenko, Z. S. Fedorova // *Agrarnaya nauka i razvitie otraslej sel'skogo hozyajstva regiona : Sbornik nauchnyh trudov po materialam nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, priurochennoj k 100-letiyu instituta, s. Kaluzhskaya, 09 aprelya 2020 goda*. – Kaluga: Kaluzhskij NIISKH - filial "FIC kartofelya im. A.G.Lorha", 2020. – S. 122-125.

6. Dem'yanenko, E.V. Ustoichivost' soi severnogo ekotipa v zavisimosti ot stepeni povrezhdeniya i porazheniya rastenij: special'nost' 06.01.09 "Ovoshchevodstvo": dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk / Dem'yanenko Elena Vladimirovna. – Moskva, 2002. – 123 s.

7. Evsenina, M.V. Effektivnost' primeneniya regulyatora rosta v tekhnologii proizvodstva goroha i soi / M. V. Evsenina, D. V. Vinogradov // *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2023. – № 1. – S. 9-15.

8. Zubkova, T.V. Vliyanie kompleksnyh mikroudobrenij na kachestvo i urozhajnost' semyan yarovogo rapsa / T. V. Zubkova, V. A. Gulidova // *Zemledelie*. – 2012. – № 8. – S. 44-45.

9. Zubkova, T.V. Vliyanie organicheskikh udobrenij i prirodno go ceolita na morfometricheskie karakteristiki pyl'cy Brassica napus / T. V. Zubkova, D. V. Vinogradov // *Vestnik KrasGAU*. – 2023. – № 2(191). – S. 12-19.

10. Zubkova, T.V. Issledovanie vliyaniya organicheskikh i mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' rapsa i zol'nyj sostav ego maslosemyan / T.V. Zubkova, S.M. Motyleva, D.V. Vinogradov // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2022. – № 1(57). – S. 77-84.

11. Zubkova, T.V. Produktivnost' yarovogo rapsa pri ispol'zovanii mnogokomponentnyh udobrenij / T.V. Zubkova // *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo*. – 2022. – T. 17, № 1. – S. 7-19.

12. Zubkova, T.V. Rezul'taty agroekologicheskogo ispytaniya sortov yarovogo rapsa v usloviyah lesostepi Central'no-CHernozemnogo regiona i analiz kachestva masla, poluchennogo iz ego semyan / T.V. Zubkova // *Vestnik KrasGAU*. – 2022. – № 1(178). – S. 69-75. – DOI 10.36718/1819-4036-2022-1-69-75.

13. Zubkova, T.V. Osobennosti primeneniya mikroudobrenij v agrocenozah yarovogo rapsa / T.V. Zubkova, M. T. Muhina, D.V. Vinogradov // *Plodorodie*. – 2023. – № 3(132). – S. 44-48.

14. Lupova, E.I. Vliyanie guminovogo udobreniya i doz mineral'nyh udobrenij na produktivnost' yarovogo rapsa / E.I. Lupova, D.V. Vinogradov // *Vestnik agrarnoj nauki*. – 2020. – № 3(84). – S. 31-37.

15. Lupova, E.I. Vliyanie razlichnyh urovnej mineral'nogo pitaniya na urozhajnost' maslichnyh kul'tur / E.I. Lupova, K.V. Naumceva, D.V. Vinogradov // *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2020. – № 4. – S. 23-29.

16. Sazonkin, K.D. Produktivnost' ozimogo rapsa v usloviyah Ryazanskoj oblasti / K.D. Sazonkin, D.V. Vinogradov // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2021. – № 5(199). – S. 16-22.

17. Pagano, M.S., Miransari, M. The importance of soybean production worldwide // *Abiotic and biotic stresses in soybean production*. – Academic Press, 2016. – pp. 1-26.

18. Garcia, L.R., Hanway, J.J. Foliar top dressing of soybeans during the seed filling period 1 // *Agronomic Journal*. 1976. – p. 68. – No. 4. – p. 653-657.

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

Демьяненко Елена Владимировна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрономии КФ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vaselevs61@mail.ru

Карпачев Владимир Владимирович, д-р с.-х. наук, профессор ЛНИИР - филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, член-корреспондент РАН, karpachevv@gmail.com

Сеничев Евгений Игоревич, мл. научн. сотрудник ЛНИИР - филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, soya@lniir.ru

Author Information

Dem'yanenko Elena V. Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy of the Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, vaselevs61@mail.ru

Karpachev Vladimir V. Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Research Institute-branch of the FSBI FNC VNIIFK, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, karpachevv@gmail.com

Senichev Evgeny I. Junior Researcher at VNIIR-branch of FSBI FNC VNIIFK, soya@lniir.ru

Статья поступила в редакцию 30.10.2023; одобрена после рецензирования 29.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 30.10.2023; approved after reviewing 29.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 614.9:636.2
DOI: 10.36508/RSATU.2023.18.35.004

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ДЕЗИНФЕКЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СВИНОВОДСТВЕ**

Анастасия Германовна Зайцева¹, Эльман Олегович Сайтханов², Иван Сергеевич Кузьмин³

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

¹ anastasiazyrovskaya@yandex.ru

² elmanrzn@gmail.com

³ ivan.kuzmin.1967@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В связи с широким разнообразием химических средств дезинфекции ветеринарным специалистам необходимо иметь доступ к научно-обоснованным данным по их апробации в условиях испытательных лабораторий и реального сектора животноводства, что и определяет проблематику исследования. Целью данного исследования стало изучение параметров эффективности современных химических средств дезинфекции в лабораторных условиях и в условиях свинокомплекса.

Методология. Объектами исследования были дезинфицирующие средства ДЕЗОЛ-АПГ (разработчик и производитель ООО «РУС-БИО»), ДЕЗОЛ-ФПГ (разработчик и производитель ООО «РУС-БИО»), INVADEZ VET (разработчик и производитель ООО «ИНВАДИС»). Оценка бактерицидной активности дезинфицирующих средств проводилась на основе анализа протоколов лабораторных испытаний, предоставленных разработчиками. Изучение эффективности дезинфицирующих средств в условиях производства проводили на свиноводческом предприятии в боксах опороса с щелевыми и бетонными полами. Оценивали бактериальную загрязненность поверхности до дезинфекции, а по истечении необходимой экспозиции проводили контрольное бактериологическое исследование. Экспозиция для средства ДЕЗОЛ-АПГ составляла 90 минут, для средства ДЕЗОЛ-ФПГ – 15 минут, для средства INVADEZ VET – 30 минут. Все 3 дезинфицирующих средства испытывались в концентрациях 0,25 %, 0,5 % и 1 %. Качество дезинфекции при проведении производственных испытаний контролировали по выделению бактерий группы кишечной палочки и стафилококка из смывов поверхностей свиноводческих помещений, а также оборудования в соответствии с требованиями «Правила проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора». В качестве контроля служили смывы с поверхностей тех же боксов, отобранные до дезинфекции.

Результаты. По результатам лабораторных испытаний установлено, что эффективные концентрации, обладающие вирулицидной активностью при экспозиции 10-15 минут, составляют для средства ДЕЗОЛ-АПГ – 2,5 %, для средства ДЕЗОЛ-ФПГ – 1,5 %, для средства INVADEZ VET – 0,5 %. Бактерицидная активность средств ДЕЗОЛ-АПГ и ДЕЗОЛ-ФПГ в отношении грамотрицательной микрофлоры (*E. coli*) – 0,125 %, а в отношении грамположительной микрофлоры (*S. aureus*) – 0,0625 %. В свою очередь, активная концентрация средства INVADEZ VET несколько ниже и составляет как для грамотрицательной микрофлоры (*E. coli*), так и для грамположительной микрофлоры (*S. aureus*) 0,0156 %. В ходе производственных испытаний установлено, что наименьшая эффективность наблюдалась у 0,25 % дезрастворов средств ДЕЗОЛ-АПГ и INVADEZ VET, а ДЕЗОЛ-ФПГ смог устранить кишечную палочку и стафилококк, но только в помещениях с щелевыми полами. Для дезинфекции бетонных полов достаточными оказались дезинфицирующие средства ДЕЗОЛ-ФПГ и INVADEZ VET в концентрации 0,5 %, а также 1 %-й раствор ДЕЗОЛ-АПГ. Для дезинфекции помещений свинокомплекса, оборудованных щелевыми полами, достаточно использовать 0,25 % дезинфицирующее средство ДЕЗОЛ-ФПГ. Для боксов с бетонными полами рекомендуется применять 0,5 % дезсредства ДЕЗОЛ-ФПГ и INVADEZ VET.

Заключение. Получены высокие результаты бактериостатической, бактерицидной и вирулицидной активности изучаемых современных дезинфицирующих средств на основе глутарового альдегида. Разработаны рекомендации для проведения дезинфекции в условиях свинокомплекса.

Ключевые слова: дезинфекция, глутаровый альдегид, свинокомплекс, бактерицидная актив-



ность, вирулицидная активность, смыв

Для цитирования: Зайцева А.Г., Сaitkhanov Э.О., Кузьмин И.С. Сравнительная оценка эффективности современных химических средств дезинфекции, используемых в свиноводстве // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №4. С.18-26 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.18.35.004>

Original article

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF MODERN CHEMICAL DISINFECTIONS USED IN PIG FARMING

Anastasia G. Zaitseva ¹, Elman O. Saitkhanov ²✉, Ivan S. Kuzmin ³

^{1,2,3} Ryazan State Agro-Technical University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹anastasiazarytovskaya@yandex.ru

²elmanrzn@gmail.com

³ivan.kuzmin.1967@mail.ru

Abstract

Problem and purpose. The purpose of this study was to study the effectiveness parameters of modern chemical disinfectants in laboratory conditions and in a pig farm.

Methodology. The objects of this study were disinfectants DEZOL-APG (developer and manufacturer RUS-BIO LLC), DEZOL-FPG (developer and manufacturer RUS-BIO LLC), INVADEZ VET (developer and manufacturer INVADIS LLC). The assessment of the bactericidal activity of disinfectants was based on an analysis of laboratory test reports provided by the developers. The study of the effectiveness of disinfectants under production conditions was carried out at a pig-breeding enterprise in farrowing boxes with slatted and concrete floors. The bacterial contamination of the surface was assessed before disinfection, and after the required exposure, a control bacteriological study was carried out. Exposure for DEZOL-APG was 90 minutes, for DEZOL-FPG - 15 minutes, for INVADEZ VET - 30 minutes. All 3 disinfectants were tested at concentrations of 0,25 %, 0,5 % and 1 %. The quality of disinfection during production tests was controlled by the isolation of *E. coli* and staphylococcus bacteria from surface washes of pig-breeding premises, as well as equipment in accordance with the requirements of the "Rules for disinfection and disinfestation of objects of state veterinary supervision." Swabs from the surfaces of the same boxes, collected before disinfection, served as a control.

Results. Based on the results of laboratory tests, it was established that effective concentrations with virucidal activity with exposure for 10-15 minutes are for DEZOL-APG – 2,5 %, for DEZOL-FPG – 1,5 %, for INVADEZ VET – 0,5 %. The bactericidal activity of DEZOL-APG and DEZOL-FPG against gram-negative microflora (*E. coli*) is 0,125 %, and against gram-positive microflora (*S. aureus*) – 0,0625 %. In turn, the active concentration of INVADEZ VET is slightly lower and amounts to 0,0156 % for both gram-negative microflora (*E. coli*) and gram-positive microflora (*S. aureus*). During production tests, it was found that the lowest efficiency was observed in 0,25 % disinfectant solutions of DEZOL-APG and INVADEZ VET, and DEZOL-FPG was able to eliminate *E. coli* and staphylococcus, but only in rooms with slatted floors. For the disinfection of concrete floors, the disinfectants DEZOL-FPG and INVADEZ VET at a concentration of 0.5%, as well as a 1 % solution of DEZOL-APG, turned out to be sufficient. To disinfect pig farm premises equipped with slatted floors, it is enough to use 0,25 % disinfectant DEZOL-FPG. For boxes with concrete floors, it is recommended to use 0,5 % of the disinfectant DEZOL-FPG and INVADEZ VET.

Conclusion High results of bacteriostatic, bactericidal and virucidal activity of the modern disinfectants based on glutaraldehyde that we studied were obtained. Recommendations have been developed for disinfection in a pig farm.

Key words: disinfection, glutaraldehyde, pig farm, bactericidal activity, virucidal activity, flushing, *E.coli*, *Staphylococcus spp.*, *Staphylococcus aureus*

For citation: Zaitseva A.G., Saitkhanov E.O., Kuzmin I.S. Comparative assessment of the effectiveness of modern chemical disinfectants used in pig farming // Herald of Ryazan State Agro-Technical University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, N. 4. P. 18-26 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.18.35.004>

Введение

Сохранение здоровья поголовья сельскохозяйственных животных является одной из ведущих проблем агропромышленного комплекса Российской Федерации в условиях современной реальности. Существует множество методов, направленных на достижение указанной цели. Одним из основных является качество и регулярность проведения ветеринарно-санитарных мероприя-

тий на фермах, животноводческих комплексах и фермерских хозяйствах [5,12]. До сих пор остается актуальным вопрос изучения высококонтагиозных заболеваний животных, которые, несомненно, наносят значительный ущерб, вне зависимости от уровня развития экономики и являются угрозой продовольственной безопасности. Так, например, в начале 21 столетия наблюдалась вспышка африканской чумы свиней, которая сначала появи-



лась в Грузии, а через некоторое время распространилась на другие страны, включая Россию, Китай, Беларусь, страны Европы и Южной Азии [1]. Африканская чума свиней привела к гибели миллионов сельскохозяйственных животных и продолжает наносить огромный урон свиноводческим комплексам по всему миру. Только в 2022 г в Европе выявлено свыше 7 тысяч вспышек данного заболевания. По данным федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору в России в прошлом году зарегистрирован 141 очаг болезни, 68 из которых – в популяции домашних свиней. За 4 месяца текущего года из-за вспышки чумы в Красноярском крае забито около 2 тысяч голов свиней, а из магазинов и мясных цехов изъято и утилизировано более 17 тонн свинины, что нанесло значительный экономический урон [11, 15].

Кроме крупных эпидемических заболеваний, часто регистрируются случаи других опасных заболеваний, таких как эперитрозооноз [8,10,14], стрептококкоз [3], микоплазменные инфекции [6], изоспороз и эймериоз [4] и многих других. Распространению инфекционных заболеваний на свиноводческих комплексах способствуют особенности содержания животных, к которым, например, можно отнести безвыгульное содержание, недостаточное освещение, большая плотность свиней на незначительном по площади пространстве [1]. Все это вызывает состояние стресса и ослабление иммунобиологического статуса животных, и повышает восприимчивость их к инфекционным болезням.

Большинство дезинфицирующих средств, которые широко используются в настоящее время, были созданы для потребностей крупных промышленных комплексов и не совсем соответствуют требованиям небольших сельскохозяйственных предприятий. Более того, растворы натрия или калия, едкие хлориды, известь, фенол и другие, имеют высокую токсичность для людей и животных, поэтому их следует использовать осторожно, чтобы избежать отравления. В связи с этим разработка более безопасных и экологически устойчивых дезинфицирующих средств является важной задачей для современной ветеринарной медицины [16,17].

Кроме того, растущая угроза устойчивости к противомикробным препаратам во всем мире вызывает необходимость применения грамотной стратегии контроля бактериальных инфекций. Правильные методы биозащиты, включая надлежащее использование эффективных дезинфицирующих средств, играют огромную роль в борьбе с эпизоотическими заболеваниями [2,18].

На рынке современных дезинфицирующих средств в нашей стране представлен большой ассортимент препаратов как отечественного, так и зарубежного производства. В настоящее время монокомпонентные дезинфектанты, применяемые на свинокомплексах, не показали достаточную эффективность [9]. Дезинфекция на данный момент осуществляется многокомпонентными по составу средствами с полифункциональными

характеристиками, которые могут отличаться по своей эффективности, классу безопасности для животных и человека, продолжительности действия и другими параметрами, а выбор их комбинаций, схем применения с учетом их эффективности является важной сферой научных изысканий.

На основании вышеизложенного становится понятным, что на сегодняшний день изучение эффективности современных дезинфицирующих средств в условиях промышленного сельскохозяйственного комплекса является актуальной задачей.

В связи с этим нами для изучения современных средств дезинфекции на свиноводческом комплексе были выбраны дезинфектанты на основе альдегидов. Альдегиды имеют хорошую растворимость в воде, а также проникающую способность, долго сохраняют свои свойства.

Основным действующим веществом химических средств, включенных в выборку, является глутаровый альдегид, который воздействует на патогены 1-4 групп, включая вирус африканской чумы свиней. Помимо этого, альдегиды не портят материалы поверхностей животноводческих помещений [7,19].

Работы по сравнительному изучению различных дезинфицирующих средств имеют значительную практическую ценность, так как позволяют определить эффективную концентрацию раствора, достаточную для обезвреживания обрабатываемых поверхностей и одновременно безопасную для человека и животных, наиболее действенный алгоритм дезинфекции, оптимальную и экономически оправданную схему применения.

Цель исследований: изучить параметры эффективности современных химических средств дезинфекции в лабораторных условиях и в условиях свинокомплекса. В соответствии с поставленной целью нами были определены следующие задачи:

- представить сравнительную оценку бактерицидной и вирулицидной активности дезсредств на основе четвертичных аммонийных соединений и альдегидов;

- изучить бактерицидную активность дезсредств на основе четвертичных аммонийных соединений и альдегидов в условиях свиноводческого предприятия.

Материалы и методы исследования

В эксперименте были использованы образцы трех дезинфицирующих средств.

1. Дезинфицирующее средство №1 – ДЕЗОЛ-АПГ. Активные дезинфицирующие компоненты: глутаровый альдегид 4-6 %, формальдегид – 2-3 %, алкилдиметилбензиламоний хлорид 5-6 %. По степени воздействия на организм человека относится к умеренно-опасным веществам (3 класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76). В рекомендуемых концентрациях не оказывает раздражающего действия на кожу, но вызывает раздражение слизистых оболочек. Разработчик и производитель ООО «РУС-БИО», Калужская область, Козельский район, д. Новое Казачье, ул. Буканова, д. 38.



2. Дезинфицирующее средство №2 – ДЕЗОЛ-ФПГ. Активные дезинфицирующие компоненты: глутаровый альдегид – 6 %, формальдегид – 2,7 %, алкилдиметилбензиламмония хлорид – 7 %, изопропиловый спирт – 7 %. По степени воздействия на организм человека относится к умеренно-опасным веществам (3 класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76). В рекомендуемых концентрациях не оказывает раздражающего действия на кожу, но вызывает раздражение слизистых оболочек. Разработчик и производитель ООО «РУС-БИО», Калужская область, Козельский район, д. Новое Казачье, ул. Буканова, д. 38.

3. Дезинфицирующее средство №3 – INVADEZ VET. Активные дезинфицирующие компоненты: алкилдиметилбензиламмония хлорид – 120 г/л; дидецилдиметиламмония хлорид – 20 г/л; глутаральдегид – 80 г/л. Средство при введении в желудок относится к 3 классу умеренно-опасных веществ и при нанесении на кожу – к 4 классу малоопасных по ГОСТ 12.1.007-76, вызывает выраженное раздражение кожи и слизистой оболочки глаз. Разработчиком и производителем данного химического средства дезинфекции является ООО «ИНВАДИС», г. Нижний Новгород, ул. Ошарская, д. 77а.

Оценка бактерицидной активности дезинфицирующих средств проведена нами на основе анализа протоколов лабораторных испытаний, предоставленных разработчиками. Лабораторные испытания дезинфицирующей активности средств ДЕЗОЛ-ФПГ и ДЕЗОЛ-АПГ были проведены в федеральном государственном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦВиМ), средства INVADEZ VET – в федеральном государственном бюджетном учреждении «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»). Для всех дезинфицирующих средств, включенных нами в выборку, лабораторно были изучены бактерицидная и вирулицидная активности.

Лабораторные исследования бактерицидной и вирулицидной активности средств ДЕЗОЛ-АПГ и ДЕЗОЛ-ФПГ были выполнены в период в октябре-ноябре 2018 года.

Лабораторные исследования бактерицидной и вирулицидной активности средства INVADEZ VET были выполнены в период с июля по сентябрь 2021 года.

Испытания эффективности дезинфицирующих средств в условиях производства проводили на свиноводческом предприятии АО «Рязанский свиноплекс» Рязанского района Рязанской области в боксах опороса с щелевыми и бетонными полами.

Дезинфекция обоих видов помещений осуществлялась в соответствии с Правилами проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора, утвержденными Министерством сельского хозяйства Российской Федерации 15 июля 2002 г. (№13-5-2/0525) [1].

Боксы предварительно освобождались от животных, затем проводилась механическая очистка и мойка с помощью 5 %-го моющего средства «Биогель». Данный состав наносили на очищаемую поверхность пенным дозатором и выдерживали в течение 40 минут, после чего его смывали с помощью аппарата высокого давления «Karcher HD 13/18 S PLUS». Исследуемые дезинфицирующие средства наносили на сухую поверхность аппаратом высокого давления «Karcher HD 13/18 S PLUS» оборудованным пенной насадкой-дозатором.

Оценку эффективности дезинфицирующих средств осуществляли поэтапно. Методика включала оценку бактериальной загрязненности поверхности до дезинфекции и последующем контрольном бактериологическом исследовании по истечении необходимой экспозиции, которая была определена разработчиком на основании проведенных ранее лабораторных испытаний.

Все три дезинфицирующих средства были испытаны нами в концентрациях 0,25 %, 0,5 % и 1 %, при соблюдении норм расхода в 0,3 л/м².

Разница в методологии заключалась только в последующей после нанесения экспозиции, которая для средства ДЕЗОЛ-АПГ составляла 90 минут, для средства ДЕЗОЛ-ФПГ – 15 минут, для средства INVADEZ VET – 30 минут.

Во всех трех случаях после выдержки остатки дезинфицирующих средств удаляли проточной водой.

При проведении производственных испытаний качество дезинфекции контролировали по выделению бактерий группы кишечной палочки и стафилококка из смывов поверхностей свиноводческих помещений [13], а также оборудования в соответствии с требованиями «Правил проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора» [9].

В качестве контроля служили смывы с поверхностей тех же боксов, отобранные до дезинфекции. Смывы отбирали стерильным ватным тампоном, который предварительно смачивали в физиологическом растворе. Площадь отбора проб составила 100 см² на бетонных и щелевых полах, после чего тампон помещали в стерильную пробирку с 2 мл транспортной среды. После взятия смывов пробирки были доставлены в ГБУ РО «Рязанская областная ветеринарная лаборатория». Оценку эффективности дезинфекции осуществляли с учетом требований «Методических указаний по контролю качества ветеринарной дезинфекции объектов животноводства» (утв. Минсельхозом РФ 15.07.2002 N13-5-2/0525).

Результаты исследований и их обсуждение

В результате лабораторных испытаний изучаемых средств химической дезинфекции на основе глутарового альдегида были получены высокие результаты бактериостатической, бактерицидной и вирулицидной активности. Данные по основным оцененным параметрам в сравнительном аспекте представлены в таблицах 1 и 2.



Таблица 1 – Данные лабораторных испытаний бактерицидной и вирулицидной активности дезинфицирующих средств

Тест-микроорганизм	Вид активности	Антимикробная активность в присутствии белка, % (принимая исходную концентрацию образца за 100 %)		
		ДЕЗОЛ-АПГ	ДЕЗОЛ-ФПГ	INVADEZ VET
E. coli	бактериостатическая	0,125	0,125	0,0156
	бактерицидная	0,25	0,25	0,125
S. aureus	бактериостатическая	0,0625	0,0625	0,0156
	бактерицидная	0,125	0,125	0,125

Как показали результаты лабораторных испытаний для дезинфицирующих средств ДЕЗОЛ-АПГ и ДЕЗОЛ-ФПГ, минимальная бактериостатическая концентрация идентична и составила 0,125 % в отношении грамотрицательной микрофлоры (E. coli) и 0,0625 % в отношении грамположительной микрофлоры (S. aureus). В то же время минималь-

ная эффективная концентрация дезинфицирующего средства INVADEZ VET была значительно меньше и составила как для грамотрицательной микрофлоры (E. coli), так и для грамположительной микрофлоры (S. aureus) 0,0156 % (бактериостатическая и бактерицидная).

Таблица 2 – Данные лабораторных испытаний вирулицидной активности дезинфицирующих средств

ДЕЗОЛ-АПГ	Концентрация по препарату, %	Экспозиция	ДЕЗОЛ-ФПГ	Концентрация по препарату, %	Экспозиция	INVADEZ VET	Концентрация по препарату, %	Экспозиция
0/3	1,0	3,0 часа	0/3	0,5	60 минут	0/2	0,5	15
0/3	1,5	2,0 часа	0/3	0,5	30 минут	2/2	Контроль	
0/3	2,0	15 минут	0/3	1,0	15 минут			
0/3	2,5	15 минут	0/3	1,5	10 минут			
1/1	Контроль	-	1/1	Контроль	-			

Минимальная концентрация и экспозиция при оценке вирулицидного действия испытуемых дезинфицирующих средств с использованием в качестве метода определение инфекционной активности вируса АЧС имели существенные отличия.

Так, минимальная эффективная концентрация дезинфицирующего средства ДЕЗОЛ-АПГ составила 1,0 % при экспозиции 3 часа и 2,5 % при экспозиции 15 минут. Минимальная эффективная концентрация дезинфицирующего средства ДЕЗОЛ-ФПГ – 0,5 %, 30 минут и 1,5 %, 10 минут.

Для дезинфицирующего средства INVADEZ VET была подтверждена вирулицидная эффективность в концентрации 0,5 % при экспозиции 15 минут.

В результате производственных испытаний, проведенных нами в условиях свинокомплекса, установлены различные параметры бактерицидной активности. Смывы с рабочих поверхностей пола (бетонного и щелевого) брали до дезинфекции (контроль) (рис. 1) и после дезинфекции (рис. 2).



А



Б

Рис. 1 – Внешний вид бокса опороса со щелевыми (А) и бетонными полами (Б) до дезинфекции

Fig. 1 – External view of the farrowing box with slatted (A) and concrete floors (B) before disinfection



С целью оценки бактерицидной активности дезинфицирующих средств и контроля качества дезинфекции в ходе исследования мы опреде-

ляли действие трех видов химических средств на кишечную палочку (*E. coli*) и стафилококк (*Stafilococcus spp.*).

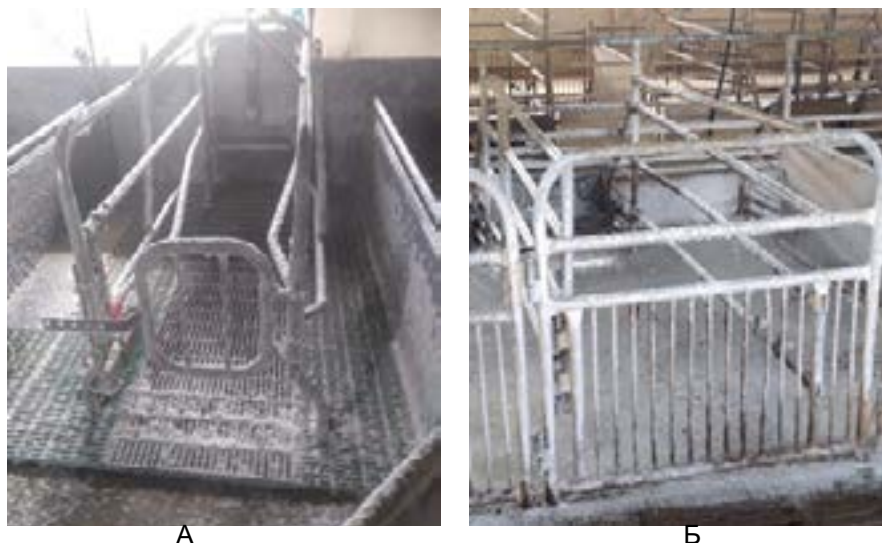


Рис. 2 – Внешний вид бокса опороса со щелевыми (А) и бетонными полами (Б) после нанесения дезинфицирующего средства

Fig. 2 – External view of a farrowing box with slatted (A) and concrete floors (B) after applying a disinfectant

Результаты эффективности бактерицидного действия химических средств дезинфекции, включенных в выборку по отношению к *E. Coli*, показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Исследование бактерицидной активности дезинфектантов в отношении *E.coli*

Название препарата	Используемая концентрация	Бактерицидная активность в отношении <i>E. coli</i> на бетонных полах	Бактерицидная активность в отношении <i>E. coli</i> на щелевых полах	Контроль
ДЕЗОЛ-АПГ	0,25 % раствор	+	+	+
	0,5 % раствор	+	-	+
	1 % раствор	-	-	+
ДЕЗОЛ-ФПГ	0,25 % раствор	+	-	+
	0,5 % раствор	-	-	+
	1 % раствор	-	-	+
INVADEZ VET	0,25 % раствор	+	+	+
	0,5 % раствор	-	-	+
	1 % раствор	-	-	+

Примечание: «-» – не обнаружен рост микроорганизмов; «+» – обнаружен рост микроорганизмов

Как видно из таблицы 1, дезинфицирующий раствор средства ДЕЗОЛ-АПГ в концентрации 0,25 % является абсолютно неэффективным в отношении кишечной палочки. В свою очередь концентрация ДЕЗОЛ-АПГ 0,5 % оказалась эффективна на щелевых полах, а в концентрации 1 % данный дезинфектант показал наилучший результат и справился со своей задачей на всех поверхностях.

Что касается дезинфицирующего раствора препарата ДЕЗОЛ-ФПГ, то его действие на *E. coli*

было эффективным на щелевых полах уже в концентрации 0,25 %. На бетонных полах эффективная концентрация ДЕЗОЛ-ФПГ оставила 0,5 %.

Дезинфицирующий раствор средства INVADEZ VET оказывал эффективное бактерицидное действие на кишечную палочку в концентрации 0,5 % независимо от типа пола в боксе.

Эффективность использования дезинфицирующих средств в отношении к стафилококку показана в табл. 2.

Таблица 2 – Исследование бактерицидной активности дезинфектантов в отношении стафилококка

Название препарата	Используемая концентрация	Бактерицидная активность в отношении стафилококка на бетонных полах	Бактерицидная активность в отношении стафилококка на щелевых полах	Контроль
ДЕЗОЛ-АПГ	0,25 % раствор	+	+	+
	0,5 % раствор	+	-	+
	1 % раствор	-	-	+



Продолжение таблицы 2

ДЕЗОЛ-ФПГ	0,25 % раствор	+	-	+
	0,5 % раствор	-	-	+
	1 % раствор	-	-	+
INVADEZ VET	0,25 % раствор	+	+	+
	0,5 % раствор	-	-	+
	1 % раствор	-	-	+

Примечание: «-» – не обнаружен рост микроорганизмов; «+» – обнаружен рост микроорганизмов

Как видно из таблицы 2, результаты тестирования дезинфицирующих средств по отношению к стафилококку полностью совпадают с таковыми в отношении *E. coli*. На щелевых полах эффективными оказались 0,5 % растворы средств ДЕЗОЛ-АПГ и INVADEZ VET и 0,25 % раствор ДЕЗОЛ-ФПГ. Для дезинфекции помещений с бетонными полами эффективными окажутся средства ДЕЗОЛ-ФПГ и INVADEZ VET в концентрации 0,5 %. Дезинфицирующий раствор средства ДЕЗОЛ-АПГ оказался эффективным лишь в концентрации 1 %.

Заклучение

Крайне важно проводить постоянный мониторинг ветеринарного здоровья для профилактики развития инфекционных заболеваний, что позволит сохранить оптимальную численность поголовья свиней на производственных комплексах.

Одним из таких профилактических мероприятий является качественная дезинфекция боксов содержания животных. По результатам лабораторных испытаний химических средств дезинфекции, включенных в выборку, мы установили, что эффективные концентрации, обладающие вирулицидной активностью при экспозиции 10-15 минут составляют для средства ДЕЗОЛ-АПГ – 2,5 %, для средства ДЕЗОЛ-ФПГ – 1,5 %, для средства INVADEZ VET – 0,5 %. Бактерицидная активность средств ДЕЗОЛ-АПГ и ДЕЗОЛ-ФПГ в отношении грамотрицательной микрофлоры (*E. coli*) – 0,125 %, а в отношении грамположительной микрофлоры (*S. aureus*) – 0,0625 %. В свою очередь, активная концентрация средства INVADEZ VET несколько ниже и составляет как для грамотрицательной микрофлоры (*E. coli*), так и для грамположительной микрофлоры (*S. aureus*) 0,0156 %.

Проанализировав полученные в ходе производственных испытаний данные, мы можем сделать выводы о том, что наименьшая эффективность наблюдалась у 0,25 % дезрастворов средств ДЕЗОЛ-АПГ и INVADEZ VET, которые не смогли устранить кишечную палочку и стафилококк. Дезинфицирующее средство ДЕЗОЛ-ФПГ в такой концентрации справилось с поставленной задачей, но только в помещениях с щелевыми полами.

Для дезинфекции бетонных полов достаточными оказались дезинфицирующие средства ДЕЗОЛ-ФПГ и INVADEZ VET в концентрации 0,5 %, а также 1 %-й раствор ДЕЗОЛ-АПГ.

На основании полученных результатов можно составить рекомендации, согласно которым для дезинфекции помещений свинокомплекса,

оборудованных щелевыми полами, достаточно использовать 0,25 % дезинфицирующее средство ДЕЗОЛ-ФПГ. Для боксов с бетонными полами рекомендуется применять 0,5 % дезсредства ДЕЗОЛ-ФПГ и INVADEZ VET за счет усиленных смачивающих свойств и дальнейшего проникновения препарата в труднодоступные места.

Проведение производственных испытаний дезинфицирующих средств, применяемых на свиноводческих комплексах, актуально в связи с широким ассортиментом продукции на современном рынке. Требуются дальнейшие исследования с учетом различных концентраций химических средств дезинфекции, их состава, физических и химических свойств, типа обрабатываемых поверхностей, а также климатических условий и технических тонкостей процедуры нанесения дезинфицирующих средств.

Список источников

1. Балабанова В.И. Сравнительный анализ результатов вскрытия поросят в группах откорма на двух свинофермах промышленного типа // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2019. №1 (41). С. 56-59.
2. Ветеринарная санитария: учебное пособие / А.А. Сидорчук [и др.]. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2022. 368 с.
3. Гречухин А.Н., Кудряшов А.А. Проявление стрептококкоза у поросят // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2010. №4 (8). С. 30-32.
4. Данко Н.Н. Эпизоотологическая ситуация по изоспорозу и эймериозу свиней в Ивано-Франковской области // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2011. №12. С. 1-3.
5. Кузнецов А.Ф., Тюрин В.Г., Семенов В.Г. Ветеринарная гигиена и санитария на животноводческих фермах и комплексах: учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 424 с.
6. Микоплазменная инфекция у свиней / Л.И. Ефанова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2012. №1. С. 35-36.
7. Носкова А.В. Новые дезинфицирующие средства // Ветеринария. 2009. № 9. С. 43-45.
8. Олейникова О.Я. Контроль заболеваемости эперитрозоонозом в промышленном свиноводстве // Российский ветеринарный журнал. 2017. №1. С. 40-41.
9. Правила проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fsvps.gov.ru/ru/fsvps/laws/4759.html>.



10. Салимов В.А., Жаров А.В., Салимова О. С. Проявление эперитрозооноза свиней в хозяйствах Самарской области // Российский ветеринарный журнал. 2012. №1. С. 44-47.
11. Самые страшные эпидемии животных: история и современность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/samye-strashnye-jepidemii-zhivotnyh-istorija-i-sovremennost>.
12. Сахно Н.В., Буюров В.С., Тимохин О.В. Основы ветеринарной санитарии: учебное пособие для вузов // Под общей редакцией Н. В. Сахно. 3-е, стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 172 с.
13. Эффективность дезинфицирующего средства на основе полигексаметиленгуанидина гидрохлорида / В. И. Дорожкин, Н. И. Попов, В. О. Бондаренко [и др.] // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2020. – № 1(33). – С. 24-29. – DOI 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202001004. – EDN MRTKBY.
14. Cong L., Liang A.B., Cong B Prevalence of *Mycoplasma suis* (Eperythrozoon suis) infection in swine and swine-farm workers in Shanghai, China // AJVR. 2009. Vol. 70 (7). P. 890-894.
15. De Lorenzi G., L. Borella, G.L. Alborali African swine fever: A review of cleaning and disinfection procedures in commercial pig holdings. // Research in Veterinary Science. Elsevier B.V. 2020. Vol. 132. P. 262-267.
16. Gosling R.J., Mawhinney I., Vaughan K. Efficacy of disinfectants and detergents intended for a pig farm environment where *Salmonella* is present. // Veterinary Microbiology. 2017. Vol. 204. P. 46-53.
17. Lyasota V., Sokolova L. Disinfectants, modern characteristics and safety of use in animal husbandry. // Naukovij Visnik Veterinarної Mediciniю 2018. №2 (144). С. 87-99.
18. Waddilove J. Why does good cleaning and disinfection matter on pig units? [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.pig333.com/articles/why-does-goodcleaning-and-disinfection-matter-on-pig-units_2870.
19. Wales A.D., Gosling R.J., Bare H.L. Disinfectant testing for veterinary and agricultural applications: A review. // Zoonoses and Public Health. 2021. Vol. 68. P. 361-375.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Balabanova V.I. Sravnitel'nyj analiz rezul'tatov vskrytiya porosyat v gruppah otkorma na dvuh svinofermah promyshlennogo tipa // Aktual'nye voprosy veterinarnej biologii. 2019. №1 (41). S. 56-59.
2. Veterinarnaya sanitariya: uchebnoe posobie / A.A. Sidorchuk [i dr.]. 2-e izd., ster. Sankt-Peterburg : Lan', 2022. 368 s.
3. Grechuhin A.N., Kudryashov A.A. Proyavlenie streptokokkoza u porosyat // Aktual'nye voprosy veterinarnej biologii. 2010. №4 (8). S. 30-32.
4. Danko N.N. Epizootologicheskaya situaciya po izosporozu i ejmeriozu svinej v Ivano-Frankovskoj oblasti // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami. 2011. №12. S. 1-3.
5. Kuznecov A.F., Tyurin V.G., Semenov V.G. Veterinarnaya gigiena i sanitariya na zhivotnovodcheskih fermah i kompleksah: uchebnoe posobie dlya vuzov. 2-e izd., ster. SanktPeterburg: Lan', 2021. 424 s.
6. Mikoplazmennaya infekciya u svinej / L.I. Efanova [i dr.] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2012. №1. S. 35-36.
7. Noskova A.V. Novye dezinficiruyushchie sredstva // Veterinariya. 2009. № 9. S. 43-45.
8. Olejnikova O.YA. Kontrol' zabolevaemosti eperitrozoonomom v promyshlennom svinovodstve // Rossijskij veterinarnyj zhurnal. 2017. №1. S. 40-41.
9. Pravila provedeniya dezinfekcii i dezinvazii ob"ektov gosudarstvennogo veterinarogonadzora. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://fsvps.gov.ru/ru/fsvps/laws/4759.html>.
10. Salimov V.A., ZHarov A.V., Salimova O. S. Proyavlenie eperitrozoonoza svinej v hozyajstvah Samarskoj oblasti // Rossijskij veterinarnyj zhurnal. 2012. №1. S. 44-47.
11. Samye strashnye epidemii zhivotnyh: istoriya i sovremennost' [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/samye-strashnye-jepidemii-zhivotnyh-istorija-i-sovremennost>.
12. Sahno N.V., Buyarov V.S., Timohin O.V. Osnovy veterinarnej sanitarii: uchebnoe posobie dlya vuzov // Pod obshchej redakciej N. V. Sahno. 3-e, ster. Sankt-Peterburg: Lan', 2021. 172 s.
13. The effectiveness of a disinfectant based on polyhexamethylene guanidine hydrochloride / V. I. Dorozhkin, N. I. Popov, V. O. Bondarenko [et al.] // Russian Journal of Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. – 2020. – № 1(33). – Pp. 24-29. – DOI 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202001004. – EDN MRTKBY.
14. Cong L., Liang A.B., Cong B Prevalence of *Mycoplasma suis* (Eperythrozoon suis) infection in swine and swine-farm workers in Shanghai, China // AJVR. 2009. Vol. 70 (7). P. 890-894.
15. De Lorenzi G., L. Borella, G.L. Alborali African swine fever: A review of cleaning and disinfection procedures in commercial pig holdings. // Research in Veterinary Science. Elsevier B.V. 2020. Vol. 132. P. 262-267.
16. Gosling R.J., Mawhinney I., Vaughan K. Efficacy of disinfectants and detergents intended for a pig farm environment where *Salmonella* is present. // Veterinary Microbiology. 2017. Vol. 204. P. 46-53.



17. Lyasota V., Sokolova L. Disinfectants, modern characteristics and safety of use in animal husbandry. // *Naukovij Visnik Veterinarної Mediciny* 2018. №2 (144). S. 87-99.
18. Waddilove J. Why does good cleaning and disinfection matter on pig units? [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: https://www.pig333.com/articles/why-does-goodcleaning-and-disinfection-matter-on-pig-units_2870.
19. Wales A.D., Gosling R.J., Bare H.L. Disinfectant testing for veterinary and agricultural applications: A review. // *Zoonoses and Public Health*. 2021. Vol. 68. P. 361-375.

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

Зайцева Анастасия Германовна, аспирант кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, хирургии, акушерства и внутренних болезней животных, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, anastasiazarytovskaya@yandex.ru.

Сайтханов Эльман Олегович, канд. биол. наук, доцент, заведующий кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы, хирургии, акушерства и внутренних болезней животных, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, elmanrzn@gmail.com.

Кузьмин Иван Сергеевич, аспирант кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, хирургии, акушерства и внутренних болезней животных, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ivan.kuzmin.1967@mail.ru.

Author information

Zaitseva Anastasia G., postgraduate student of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Surgery, Obstetrics and Internal Animal Diseases, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev anastasiazarytovskaya@yandex.ru.

Saytkhanov Elman O., Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Surgery, Obstetrics and Internal Animal Diseases, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, 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, elmanrzn@gmail.com.

Kuzmin Ivan S., postgraduate student of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Surgery, Obstetrics and Internal Animal Diseases, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev ivan.kuzmin.1967@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 28.11.2023; одобрена после рецензирования 10.12.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 28.11.2023; approved after reviewing 10.12.2023; accepted for publication 12.12.2023.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.4
DOI:10.36508/RSATU.2023.83.99.005

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГРУНТОВЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СВИНОКОМПЛЕКСА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ САМООЧИЩЕНИЯ

Ольга Алексеевна Захарова^{1✉}, **Ольга Валерьевна Евдокимова**², **Бакаева Наталья Павловна**³

¹ ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

² ФГБОУ ВО Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова Минздрава РФ, г. Рязань, Россия

³ ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет

¹ ol-zahar-ru@yandex.ru

² o.evdokimova@rzgmu.ru

³ ol-zahar-ru@yandex.ru

Аннотация. В программу экологического мониторинга 2022 года на территории АО «Рязанский свинокомплекс» Рязанского района Рязанской области были включены и вопросы микробиологического состояния грунтовых вод. Сейчас на комплексе содержится до 50 тыс. голов свиней годового откорма. Однако, образующиеся сточные воды на орошение не используются, а поступают в пруд-накопитель, из которого систематически сбрасываются в овраг. Учитывая почвенную инфильтрацию, микроорганизмы поступают в поверхностные и грунтовые воды, ухудшая санитарно-бактериологическое состояние территории.

Проблема и цель. Проблема утилизации сточных вод на объекте острая вследствие загрязнения воды в пруду-накопителе и поверхностных вод, что было сказано ранее. Цель настоящего исследования – на основе результатов исследований дать микробиологическую оценку состояния грунтовых вод и проследить динамику их загрязнения в 1980, 1995 и 2022 годах.

Методология. Для достижения цели исследования и ответа на поставленные вопросы были отобраны пробы воды вблизи свинокомплекса из закрытых наблюдательных скважин. Почва – серая лесная суглинистая. Методы исследований общепринятые. Результаты экспериментов обрабатывались компьютерной программой Statistika 10.

Результаты. В статье приводятся результаты собственных исследований 1996 г. и 2022 г. и данные из научной литературы 1980 г., после года функционирования свинокомплекса. Так, уже в первый год содержания такого большого поголовья микробиологические показатели грунтовых вод были высокие, несмотря на глубину их залегания – 6 м: индекс лактозоположительной кишечной палочки составил 180°, индекс *Escherichia coli* – 80, индекс энтерококка – 35, общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 37° С – 6×10^3 , общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22° С – 8×10^2 . При просмотре динамики загрязнения грунтовых вод микроорганизмами выявлен пик в 1996 г., то есть после 17 лет функционирования свинокомплекса. В этот год все показатели выросли в 1,5-2 и более раз. Но и после прекращения поливов сточными водами, в 2022 г., численность микроорганизмов в среде остается высокой. Это является следствием возможной подпитки грунтовых вод при инфильтрации из пруда-накопителя и др. Установлена выживаемость сальмонелл брюшного тифа при плотности заражения 10^2 микробных тел в 1 дм³, что составило 50-56 суток, а при плотности 10^4 увеличилось до 120 суток. Отмирание сальмонелл паратифа В в этих же условиях при T=4-8° С наблюдалось на 210 и 365 сутки соответственно, а при T=18-20° С – на 34 и 112 сутки. Выживаемость шигелл Зонне и Флекснера примерно одинаковая: при плотности заражения 10^2 микробных тел в 1 дм³ – 125 сут. суток, а при плотности 10^4 – 280 суток. Изучение морфологических, серологических, биохимических свойств сальмонелл брюшного типа дало результат: штаммы инертные и не дающие агглютинации; такое же поведение отмечено и у сальмонелл паратифа В. Время сохранения жизнеспособности санитарно-показательных бактерий кишечной палочки и энтерококка составляло от 110 до 380 сут. при плотности заражения от 10^4 до 10^8 микробных клеток в 1 дм³.

При прогнозировании микробного самоочищения грунтовых вод целесообразно использовать максимальное время выживаемости микроорганизмов 200-400 суток. Показателем завершеного про-



цесса микробного самоочищения грунтовых вод могут быть бактерии группы кишечных палочек и длительно сохраняющийся в грунтовой воде энтерококк. Поступающее с водой количество бактерий свидетельствует о полном насыщении фильтрующей породы на протяжении 6 м от начала фильтрации *Escherichia coli*, далее концентрация кишечной палочки снижается и на расчетном расстоянии будет составлять 0,0001 от исходной, то есть снизится на 4 порядка. Обработка данных с помощью компьютерной программы Statistika 10 отобразила график прогноза самоочищения грунтовых вод в зоне влияния свинокомплекса, то есть на расстоянии от исходной наблюдательной скважины до 11, 35 и 17 м соответственно.

Заключение. Обобщая вышеизложенное, отметим, что грунтовые воды в зоне влияния свинокомплекса и пруда-накопителя сточных вод характеризуются как загрязненные. При сравнении имеющихся данных за 180, 1996 и 222 годы можно проследить динамику изменения численности микроорганизмов в данной среде. По индексу лактозоположительной кишечной палочки прибавка в 1996 г. составила 1,5 раза, по индексу *Escherichia coli* – 1,6 раза, индексу энтерококка – 1,4 раза, общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 37° С – в 2 раза и общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22° С – в 2 раза. Коэффициент самоочищения грунтовых вод составил во все годы исследований 0,75. К концу 1990-х гг. орошение сточными водами практически прекратилось, поголовье свиней резко снизилось, на сточные воды усилился химический прессинг из-за увеличения объема хозяйственно-бытовых сточных вод п. Искра. В 2022 г. по сравнению с 1996г. индекс лактозоположительной кишечной палочки упал в 4 раза, индекс *Escherichia coli* – в 13 раз, энтерококк не обнаружен, общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 37° С – в 6 раз и общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22° С – в 5 раз. Прогноз микробного самоочищения грунтовых вод благоприятный из-за прекращения орошения сточными водами. В то же время выживаемость в грунтовых водах *Escherichia coli* значительно снижена при низких температурах.

Ключевые слова: грунтовые воды, свинокомплекс, микроорганизмы, санитарное состояние, гидрхимический состав, прогноз

Для цитирования: Захарова О.А., Евдокимова О.В., Бакаева Н.П. Микробиологическая оценка грунтовых вод в зоне влияния свинокомплекса и прогнозирование их самоочищения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, № 4, С. 27-35 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.83.99.005>

Original article

MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF GROUNDWATER IN THE ZONE OF INFLUENCE OF A PIG FARM AND PREDICTION OF THEIR SELF-CLEANING

Olga Alekseevna Zakharova¹✉, Olga Valerievna Evdokimova² Natalya Pavlovna Bakaeva³,

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov of the Ministry of Health of the Russian Federation, Ryazan, Russia

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University

¹ ol-zahar-ru@yandex.ru

² o.evdokimova@rzgmu.ru

³ ol-zahar-ru@yandex.ru

Annotation. The 2022 environmental monitoring program on the territory of JSC Ryazan Pig Farm in the Ryazan District of the Ryazan Region also included issues of the microbiological state of groundwater. Now the complex houses up to 50 thousand heads of annual fattening pigs. However, the generated wastewater is not used for irrigation, but enters a storage pond, from which it is systematically discharged into the ravine. Taking into account soil infiltration, microorganisms enter surface and groundwater, worsening the sanitary and bacteriological condition of the territory.

Problem and purpose. The problem of wastewater disposal at the site is acute due to contamination of the water in the storage pond and surface water, as mentioned earlier. The purpose of this study is, based on the research results, to provide a microbiological assessment of the state of groundwater and to trace the dynamics of its pollution in 1980, 1995 and 2022.

Methodology. To achieve the goal of the study and answer the questions posed, water samples were taken near the pig farm from closed observation wells. The soil is gray forest loamy. Research methods are generally accepted. The experimental results were processed by the Statistika 10 computer program.

Results. The article presents the results of our own research in 1996 and 2022 and data from the scientific



literature in 1980, after a year of operation of the pig farm. Thus, already in the first year of keeping such a large population, the microbiological indicators of groundwater were high, despite the depth of their occurrence - 6 m: the lactose-positive *Escherichia coli* index was 1800, the *Escherichia coli* index was 80, the enterococcus index was 35, the total number of mesophilic aerobic and facultative - anaerobic microorganisms grown at 37° C – 6×10^3 , the total number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms grown at 22° C – 8×10^2 . When viewing the dynamics of groundwater contamination by microorganisms, a peak was identified in 1996, that is, after 17 years of operation of the pig farm. This year all indicators increased by 1.5-2 times or more. But even after the cessation of irrigation with wastewater, in 2022, the number of microorganisms in the environment remains high. This is a consequence of the possible recharge of groundwater during infiltration from a storage pond, etc. The survival rate of typhoid *Salmonella* was established at an infection density of 10^2 microbial bodies per 1 dm³, which amounted to 50-56 days, and at a density of 10^4 it increased to 120 days. The death of *Salmonella paratyphoid B* under the same conditions at $T=4-8^\circ$ C was observed on days 210 and 365, respectively, and at $T=18-20^\circ$ C – on days 34 and 112. The survival rate of *Shigella Sonne* and *Flexner* is approximately the same: with an infection density of 10^2 microbial bodies per 1 dm³ - 125 days, and with a density of 10^4 - 280 days. The study of the morphological, serological, biochemical properties of abdominal type salmonella gave the following results: the strains are inert and do not give agglutination; the same behavior was noted in *Salmonella paratyphoid B*. The survival time of sanitary indicator bacteria *Escherichia coli* and enterococcus ranged from 110 to 380 days. with an infection density of 104 to 108 microbial cells per 1 dm³. When predicting microbial self-purification of groundwater, it is advisable to use the maximum survival time of microorganisms of 200-400 days. An indicator of the completed process of microbial self-purification of groundwater can be bacteria of the *E. coli* group and enterococcus that persists in groundwater for a long time. The amount of bacteria entering with water indicates complete saturation of the filter rock over 6 m from the beginning of filtration with *Escherichia coli*, then the concentration of *E. coli* decreases and at the calculated distance will be 0.0001 from the original, that is, it will decrease by 4 orders of magnitude. Data processing using the Statistika 10 computer program displayed a graph predicting the self-purification of groundwater in the zone of influence of the pig farm, that is, at a distance from the original observation well to 11, 35 and 17 m, respectively.

Conclusion. Summarizing the above, we note that groundwater in the zone of influence of the pig farm and wastewater storage pond is characterized as polluted. By comparing the available data for the years 180, 1996 and 222, it is possible to trace the dynamics of changes in the number of microorganisms in a given environment. In 1996, the increase in the lactose-positive *Escherichia coli* index was 1.5 times, in the *Escherichia coli* index – 1.6 times, in the enterococcus index – 1.4 times, the total number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms grown at 37° C – in 2 times and the total number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms grown at 22° C – 2 times. The self-purification coefficient of groundwater was 0.75 in all years of research. By the end of the 1990s. Irrigation with wastewater has practically ceased, the number of pigs has sharply decreased, and chemical pressure on wastewater has increased due to an increase in the volume of domestic wastewater in the village of Iskra. In 2022 compared to 1996 the index of lactose-positive *Escherichia coli* fell 4 times, the *Escherichia coli* index - 13 times, enterococcus was not detected, the total number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms grown at 37° C - 6 times and the total number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, grown at 22° C – 5 times. The prognosis for microbial self-purification of groundwater is favorable due to the cessation of irrigation with wastewater. At the same time, the survival rate of *Escherichia coli* in groundwater is significantly reduced at low temperatures.

Key words: groundwater, pig farm, microorganisms, sanitary condition, hydrochemical composition, forecast

For citation: Zakharova O.A., Evdokimova O.V., Bakaeva N. P., Microbiological assessment of groundwater in the zone of influence of a pig farm and prediction of their self-cleaning // Herald of Ryazan State Agro-Technical University named after P.A. Kostychev, 2023. T.15, N. 4, P.27-35 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.83.99.005](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.83.99.005)

Введение

Программа развития сельскохозяйственного производства на ближайшие годы направлена на развитие крупных свинокомплексов для решения продовольственных проблем и импортозамещения [15]. Рост поголовья свиней в стране сейчас на уровне 12,7 %, а прогноз на ближайшие годы – до 36,1 %. Однако, содержание животных на комплексах ведет к ухудшению экологической обстановки на прилегающих территориях при несоблюдении мер по очистке отходов.

На территории Рязанской области в зоне серых лесных почв действует крупный АО «Рязанский свинокомплекс», на котором планируется доведение поголовья до 90 тыс. В ретроспективе в

1974 г. на комплексе содержалось 108 тыс. голов и действовала трехступенчатая очистка сточных вод, включающая физические, химические и биологические способы [5, 12]. Однако, и в те годы надзорными организациями (например, ГСЭН) выявлены недостатки в работе очистных сооружений, пруд-накопитель не соответствовал поступающему объему стоков, а на второй ступени биологической очистки в сточные воды животноводческого комплекса поступали неочищенные хозяйственно-бытовые сточные воды п. Искра, что, естественно, ухудшало их гидрохимические и санитарно-бактериологические показатели [5]. В прошлом сточные воды использовались на земледельческих полях орошения, что давало при-

бавку урожая кормовых трав почти на 200 % [2].

В настоящее время поголовье свиней на комплексе снизилось примерно на 70 %, но проблема использования, очистки сточных вод остается острой. Стоки представляют собой сточные воды свиного комплекса и хозяйственно-бытовые воды посёлка Искра, и они в настоящее время не проходят биологическую очистку в аэротенках вследствие модернизации и ремонта очистных сооружений [3, 11].

Грунтовые воды взаимодействуют с поверхностными в результате обмена водой посредством гидравлической связи на данной территории. Временная или периодическая гидравлическая связь поверхностных и грунтовых вод вызывает неоднозначный режим подземного стока. Так, если поверхность водонепроницаемого слоя залегает выше уровня воды в реке в маловодный период, но ниже уровня воды в полноводный период, то при низких уровнях будет происходить одностороннее питание реки Рака грунтовыми водами [5].

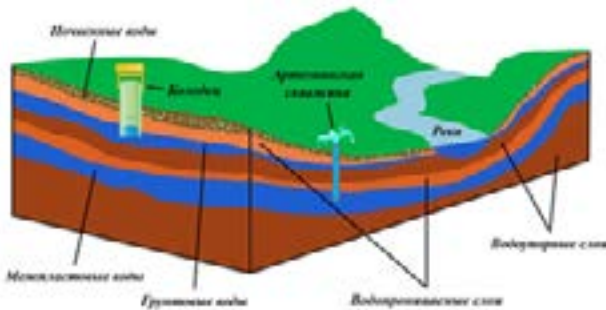


Рис. 1 – Взаимодействие всех вод на объекте
Fig. 1 – Interaction of all waters at the site

В периоды полноводья, располагаясь в течение длительного времени выше кровли водоупора водоносного горизонта, речные воды будут вызывать подпор подземных вод [6, 7, 14]. На рисунке 1 показана схема взаимодействия всех вод на территории. Питание грунтовых вод осуществляется за счет атмосферных осадков [5].

Качество грунтовых вод на территории вблизи свиного комплекса складывается из следующих элементов: свиного комплекса, поверхностные воды, осадки, почва, атмосферный воздух, растительность.

Гидрографическая сеть представлена рекой Рака, впадающей в р. Оку, ручьём Обеденка и балкой Большой Луг [12].

Вопросы изучения загрязнения грунтовых вод, миграции загрязняющих веществ в них, охраны подземных вод рассмотрены в работах Ф.М. Бочера, Н.Н. Веригина, Е.Л. Минкина, Ю.А. Израэля, Ю.Е. Саета и других исследователей, которые отмечают, что вследствие поступления большого количества биогенных элементов в почву с оросительной водой, а также при наличии инфильтрации в нижележащие слои (при нарушении сбросе сточных вод в заполненный пруд-накопитель, обильных атмосферных осадках и др.) возможно загрязнение подземных вод [2, 3, 6]. В научной литературе данные о микробиологическом состо-

янии и выживаемости микроорганизмов в грунтовых водах крайне ограничены, что делает тему исследований актуальной и своевременной.

Цель исследований – дать микробиологическую оценку грунтовых вод в зоне влияния свиного комплекса и показать динамику их загрязнения в 1980, 1995 и 2021 годах, сделать прогноз микробного самоочищения грунтовых вод.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований явились грунтовые воды вблизи свиного комплекса. Отбор проб вод объемом 1 дм³ из закрытых наблюдательных скважин проводился в зоне влияния свиного комплекса методом хлопушки (рис. 2, авторский). Грунтовые воды залегают на глубине 6 м и ниже, то есть участия в водном балансе территории практически не принимают. Пробы воды в течение часа доставлялись в лабораторию кафедры микробиологии ФГБОУ ВО РГМУ Минздрава РФ на исследования. Методика исследования – стандартная, титрование [9]. Посевы производились на питательные агаризированные среды и помещались для инкубации в термостат. Результаты были соотнесены с данными ГОСТ 24849-2014 Вода. Методы санитарно-бактериологического анализа для полевых условий. Water. Methods of sanitary-bacteriological analysis for field conditions [1].

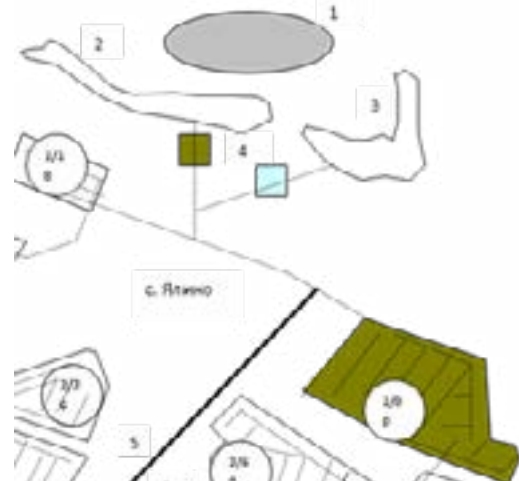


Рис. 2 – Схема территории с наблюдательными скважинами

1 – свиной комплекс, 2 – пруд природных вод, 3 – пруд-накопитель сточных вод, цветом выделено место отбора грунтовых вод

Fig. 2 – Scheme of the territory with observation wells

1 – pig farm, 2 – natural water pond, 3 – wastewater storage pond, the location of groundwater sampling is highlighted in color

Прогнозирование микробного самоочищения грунтовых вод было построено на данных выживаемости и адсорбции в водонасыщенных грунтах санитарно-показательных бактерий, таких как, например, кишечная палочка, энтеробактерии и др. [11]. Исследования проводились с использованием грунтовой, дехлорированной водопроводной, речной воды и ее фильтрата при температуре воды 4-8 и 18-20° С и разной плотности исходного



заражения от 102 до 108. Водой заполнялись породы разного состава: пески, галечник и др. В процессе исследований изучались морфологические, биохимические, серологические свойства и вирулентность сальмонелл и шигелл по сравнению с начальными показателями. Было изучено содержание в грунтовых водах:

- *Escherichia coli*: колиформные бактерии, обладающие свойством ферментировать лактозу при температуре $(44,0 \pm 1,0)^\circ \text{C}$ в течение 24 ч. с образованием кислоты и газа, а также продуцировать индол из триптофана в течение (21 ± 3) ч.

- Колиформные бактерии – грамтрицательные, оксидазоотрицательные, не образующие спор палочки, обладающие свойством образовывать колонии в аэробных условиях на селективной дифференциальной лактозной среде с образованием кислоты при температуре $(36 \pm 2)^\circ \text{C}$ в течение (24 ± 3) ч.

- Бактерии семейства *Enterobacteriaceae*: грамтрицательные, оксидазоотрицательные, лактозоотрицательные бактерии, обладающие свойством образовывать колонии в аэробных условиях на селективной дифференциальной лактозной среде и способные ферментировать глюкозу с образованием кислоты и газа при $(36 \pm 2)^\circ \text{C}$ в течение

(21 ± 3) ч.

- Энтерококки – грамположительные, каталазоотрицательные, полиморфные, круглые или овальные с заостренными концами кокки, располагающиеся попарно или в коротких цепочках, обладающие свойством образовывать колонии на питательных средах, содержащих 0,04 % азидна натрия и 2,3,5 трифенилтетразолиум хлорид (ТТХ), способностью роста на питательной среде, содержащей 6,5 % NaCl, и образующие характерные колонии на средах с эскулином.

Дальность распространения микроорганизмов определялась в конкретных гидрологических условиях залегания грунтовых вод.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием компьютерной программы Statistika 2010.

Результаты исследований

В статье приводятся данные собственных авторских исследований (1996-2021 гг.) и результаты обзора научной литературы (1980 г.) грунтовых вод. Свинокомплекс на 108 тыс. голов ежегодного откорма введен в строй в 1979 г. и функционирует уже 44 года. За этот срок произошли значительные изменения в микробиологическом составе сточных вод, усилился техногенный компонент (табл.1).

Таблица 1 – Микробиологическая оценка грунтовых вод в динамике (средние данные по всем пробам)

Годы исследований	Индекс лактозоположительной кишечной палочки	Индекс <i>Escherichia coli</i>	Индекс энтерококка	Коли-фаги КОЕ	Общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 37°C	Общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22°C
1980 *	$1800 \pm 0,02$	$80 \pm 0,02$	$35 \pm 0,02$	менее 50	6×10^3	8×10^2
1996 *	$2400 \pm 0,01$	$130 \pm 0,02$	$50 \pm 0,02$	менее 50	12×10^3	16×10^2
2021	$600 \pm 0,01$	$10 \pm 0,01$	0	1-2	$4,5 \times 10^3$	6×10^2

* – в условиях орошения сточными водами, при $P \geq 0,999$

Анализируя данные таблицы 1, установили снижение микробиологического прессинга на грунтовые воды вследствие прекращения орошения сточными водами. В то же время количество исследуемых микроорганизмов высокое, что свидетельствует о подпитки их, к примеру, из прудонакопителя, поверхностных вод р. Рака и др. Так, через год после пуска свинокомплекса микробиологическая составляющая была высокой и к 1996 году достигла пика: индекс лактозоположительной кишечной палочки вырос в 1,5 раза, индекс *Escherichia coli* – в 1,6 раза, индекс энтерококка

– в 1,4 раза, общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 37°C – в 2 раза и общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22°C – в 2 раза. Коэффициент самоочищения грунтовых вод составил во все годы исследований

0,75.

К концу 1990-х гг. орошение сточными водами практически прекратилось, поголовье свиней резко упало и на сточные воды усилился химический прессинг из-за увеличения объема хозяйственно-бытовых сточных вод п. Искра.

В 2022 г. по сравнению с 1996г. индекс лактозоположительной кишечной палочки упал в 4 раза, индекс *Escherichia coli* – в 13 раз, энтерококк не обнаружен, общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 37°C – в 6 раз и общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22°C – в 5 раз.

Нами установлена выживаемость сальмонелл брюшного тифа при плотности заражения 10^2 микробных тел в 1 дм^3 , что составило 50-56 суток, а при плотности 10^4 увеличилось до 120 суток. От-



мириание сальмонелл паратифа В в этих же условиях при $T=4-8^{\circ}\text{C}$ составило соответственно 210 и 365 суток, а при $T=18-20^{\circ}\text{C}$ – 34 и 112 суток. Выживаемость шигелл Зонне и Флекснера примерно одинаковая: при плотности заражения 10^2 микробных тел в 1 дм^3 – 125 суток, а при плотности 10^4 – 280 суток.

Изучение морфологических, серологических, биохимических свойств сальмонелл брюшного типа дало результат: штаммы инертные и не дающие агглютинации, такое же поведение отмечено и у сальмонелл паратифа В. Время сохранения жизнеспособности санитарно-показательных бактерий кишечной палочки и энтерококка составляло от 110 до 380 сут. при плотности заражения от 10^4 до 10^8 микробных клеток в 1 дм^3 .

При прогнозировании микробного самоочищения грунтовых вод целесообразно использовать максимальное время выживаемости микроорганизмов – 200-400 суток.

Показателем завершеного процесса микробного самоочищения грунтовых вод могут быть бактерии группы кишечных палочек и длительно сохраняющийся в грунтовой воде энтерококк (рисунки 3 и 4, авторские).

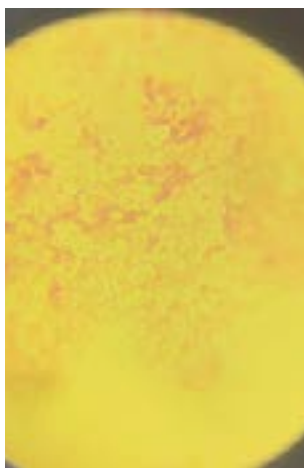


Рис. 3 – *Escherichia coli*
Fig.3 - *Escherichia coli*

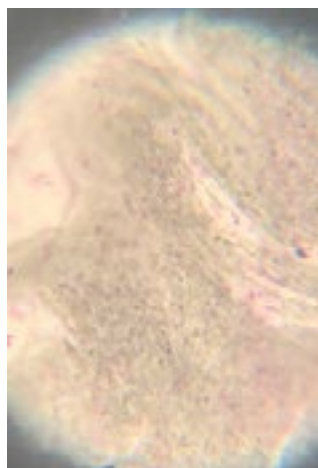


Рис. 4 – Энтерококки
Fig. 4 – Enterococci

Дальность распространения микроорганизмов неодинакова вследствие их адсорбционных свойств, разной продолжительностью жизни и др. К примеру, Е.И. Моложавая, Н.В. Чугунихина, М.И.

Афанасьева (1979) указывают на возможное использование для прогнозирования дальности распространения микроорганизмов при фильтрации воды уравнения нелинейной кинетики сорбции [4, 8]:

$$x_c = \frac{1}{\beta} (1) \ln \left(\frac{c_2(c_2(1-c_1))}{c c_1(1-c_2)} \right) \quad (1)$$

$$\beta = \frac{1}{x} Dm \left(1 + \frac{1-c}{c} \sigma^{Dt} \right) \quad (2)$$

где c_1 и c_2 – концентрация микроорганизмов в начале и конце пути фильтрации,

x – расстояние от начала фильтрации ко времени t_2 и t_1 .

Параметры α и β определяли по данным исследования качества воды в наблюдательных скважинах, на что указывал в своей работе М. Михеев [10]. Уравнение предложено Е.Ф. Урадиловской.

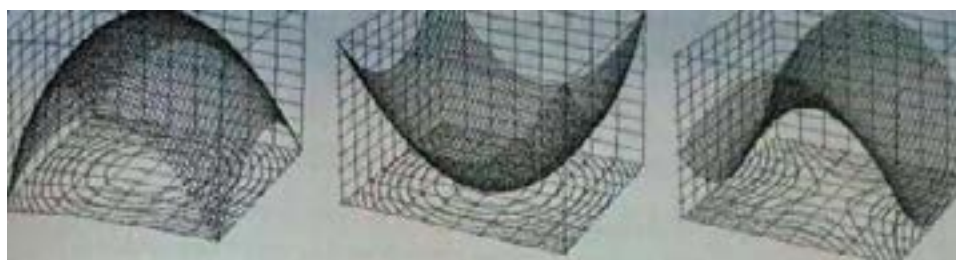
$$\frac{c_2 x}{N_0} = \frac{\alpha}{\beta^2} = \frac{1.155}{4.20 \cdot 1} = 0.274 \quad (3)$$

Исходное заражение грунтовой воды *E.coli* ($1,8-2,8$) $\cdot 10^5$. Подставляя в формулу (2) данные по грунтовым водам, отобранным из наблюдательных скважин, получаем:

где N_0 – предельная сорбционная емкость грунта, выраженная в микробных телах на 1 дм^3 .

Таким образом, поступающее с водой количество бактерий, равное 150 микр. ед., свидетельствует о полном насыщении фильтрующей породы на протяжении 6 м от начала фильтрации *Escherichia coli*, далее концентрация кишечной палочки снижается и на расчетном расстоянии будет составлять 0,0001 от исходной, то есть снизится на 4 порядка. Обработка данных с помощью компьютерной программы Statistika 10 отобразила график прогноза самоочищения грунтовых вод в зоне влияния свиного комплекса (рис. 5), то есть на расстоянии от исходной наблюдательной скважины до 11, 35 и 17 м соответственно. Несмотря на прекращение поливов сточными водами сельскохозяйственных культур с целью утилизации сточных вод и повышения урожайности, загрязнение грунтовых вод остается высоким на значительном расстоянии от начала фильтрации, что составляет дальность в 17 м.

Данный метод расчета целесообразен при выборе места расположения наблюдательных скважин [13].



1980 г.

1996 г.

2021 г.

Рис. 5 – Поверхности отклика второго порядка прогноза микробного самоочищения грунтовых вод в динамике

Fig. 5 – Second-order response surfaces for predicting microbial self-purification of groundwater in dynamics



Так, из графика, построенного по данным 1980 г., прослеживается рост численности микроорганизмов в грунтовых водах и спад их количества осенью. График 1996 г. дает информацию о росте численности микроорганизмов на протяжении всего оросительного периода, и осенью грунтовые воды практически остаются загрязненными, коэффициент самоочищения очень низкий. График 2021 г. показывает рост определенных штаммов бактерий группы кишечной палочки и других и спад их численности осенью. Конечно, основным негативным фактором в загрязнении грунтовых вод является пруд-накопитель, из которого идет подпитка в глублежащие слои и далее в грунтовые воды.

Заключение

Обобщая вышеизложенное, отмечаем, что грунтовые воды в зоне влияния свиного комплекса и пруда-накопителя сточных вод характеризуются как загрязненные. При сравнении имеющихся данных за 180, 1996 и 222 годы можно проследить динамику изменения численности микроорганизмов в данной среде. По индексу лактозоположительной кишечной палочки прибавка в 1996 г. составила 1,5 раза, по индексу *Escherichia coli* – 1,6 раза, индекс энтерококка – 1,4 раза, общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 37° С – 2 раза и общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22° С – 2 раза. Коэффициент самоочищения грунтовых вод составил во все годы исследований 0,75. К концу 1990-х гг. орошение сточными водами практически прекратилось, поголовье свиней резко снизилось, на сточные воды усилился химический прессинг из-за увеличения объема хозяйственно-бытовых сточных вод п. Искра. В 2022 г. по сравнению с 1996г. индекс лактозоположительной кишечной палочки упал в 4 раза и составил всего 600 ед., индекс *Escherichia coli* в 13 раз и составил 10 ед., энтерококк не обнаружен, общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 37° С – в 6 раз и общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22° С – в 5 раз, что составило лишь $4,5 \times 10^5$ и 6×10^2 соответственно. Прогноз микробного самоочищения грунтовых вод благоприятный из-за прекращения орошения сточными водами. В то же время выживаемость в грунтовых водах *Escherichia coli* значительно снижена при низких температурах.

Список источников

1. ГОСТ 24849-2014 «Межгосударственный стандарт - вода. Методы санитарно-бактериологического анализа для полевых условий». – М., Стандартинформ, 2019. – 25 с.
2. Антипов, М.А. Оценка качества подземных вод и методы их анализа / М.А. Антипов. - Санкт-Петербург: Проспект науки, 2013. - 134 с.
3. Арустамов, Э.А. Загрязнение подземных вод стало актуальной экологической проблемой / Э.А. Арустамов, И.В. Левакова // Вестник Евразий-

ской науки, 2019.- №6. – С. 33-38. <https://esj.today/PDF/40NZVN619.pdf>

4. Гнатюк, В.И. Математическая модель параметрической виртуализации данных техноценозов / В.И. Гнатюк, О.Р. Кивчун, С.А. Дорофеев, Е.В. Бовтрикова // Материалы II Международной научно - практической конференции "Информационные технологии и интеллектуальные системы принятия решений" (ITIDMS-II-2021), 1 июля 2021года.-М., 2021.-С. 90-91. URL: <https://na-konferencii.ru/conference/ii-mezhdunarodnaja-nauchno-prakticheskaja-konferencija-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>

5. Захарова, О.А. Ресурсосберегающая технология восстановления деградированных почв / О.А. Захарова. - Рязань, РГАТУ, 2004.-262 с. URL: <https://f.eruditor.one/file/2118438/>

6. Зекцер, И.С. Подземный сток и ресурсы пресных подземных вод: современное состояние и перспективы использования в России / И.С. Зекцер. - М.: Научный мир, 2012. -372 с.

7. Исмагилов, Р. Р. Проблема загрязнения водной среды и пути ее решения / Р. Р. Исмагилов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2012. — № 11 (46). — С. 127-129. — URL: <https://moluch.ru/archive/46/5623/> (дата обращения: 03.01.2023). . URL: <https://moluch.ru/archive/46/5623/>

8. Курасов, Д.А. Индустрия цифровых технологий 4.0 (краткий доклад) / Д.А. Курасов // Информационные технологии и интеллектуальные системы принятия решений: Материалы Международной научно - практической конференции "Информационные технологии и интеллектуальные системы принятия решений" (ITIDMS 2021), Москва, 20 января 2021 года.-М., 2021. – 6 с. URL: <https://na-konferencii.ru/conference/ii-mezhdunarodnaja-nauchno-prakticheskaja-konferencija-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>

9. Методы проведения санитарно-микробиологических исследований /Под общ.ред. О.В. Евдокимовой.-Рязань: РГМУ, 2022. – 128 с.

10. Михеев, М. Построение интеллектуальных информационных систем (краткий доклад) / М. Михеев, Ю. Гусынина, Т. Шорникова // Информационные технологии и интеллектуальные системы принятия решений: Материалы Международной научно - практической конференции "Информационные технологии и интеллектуальные системы принятия решений" (ITIDMS 2021), Москва, 20 января 2021года.-М., 2021. – С. 22-26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45696054>

11. Моложава, Е.И. Прогноз микробного самоочищения подземных вод / Е.И. Моложавая, Н.В. Чугунихина, М.И. Афанасьева // Гигиена и санитария, 1979.-В 8,- С.23-26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-mikrobnogo-samoochisleniya-podzemnyh-vod>

12. Мусаев, Ф.А. Бактериальные сообщества в почве сельскохозяйственного назначения / Ф.А.



Мусаев, О.А. Захарова. - Рязань, РГАТУ, 2014. – 205 с. URL:

13. Попов, А.М. Исследование робастности двухвыборочного критерия Стьюдента / А.М. Попов: Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-robastnosti-dvuhvyborochnogo-kriteriya-studenta/viewer> URL: <https://yandex.ru/search/?text=11.%09Попов%2C+A.M.+Исследование+робастности+двухвыборочного+критерия+Стьюдента+%2F+A.M.+Попов%3A+Режим+доступа+https%3A%2F%2Fcyberleninka.ru%2Farticle%2Fn%2Fissledovanie-robastnosti-dvuhvyborochnogo-kriteriya-studenta%2Fviewer+Дата+обращения+08.08.2022.+&lr=11&clid=2261452&win=280>

14. Рогозин, М. Ю. Проблема загрязнения

грунтовых вод / М. Ю. Рогозин, Е. А. Бекетова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 25 (211). — С. 1-4. — URL: <https://moluch.ru/archive/211/51594/>

15. Степанова, Н.Е. Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды в сельском хозяйстве / Н.Е. Степанова, А.К. Васильев, А.Д. Ахмедов, И.А. Гущина, Д.С. Жаркова // Экология и охрана окружающей среды: Международная научно-практическая конференция "Обеспечение устойчивого развития в контексте сельского хозяйства, зеленой энергетики, экологии и науки о Земле" 25 января 2021 года. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Смоленск, 2021.-Т.273. - С. 5-10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43993249>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. GOST 24849-2014 «Mezhhgosudarstvennyj standart - voda. Metody sanitarno-bakteriologicheskogo analiza dlya polevyh uslovij». – М., Standartinform, 2019. – 25 с.
2. Antipov, M.A. *Otsenka kachestva podzemnyh vod i metody ih analiza* / M.A. Antipov. - Sankt-Peterburg: Prospekt nauki, 2013. - 134 s.
3. Arustamov, E.A. *Zagryaznenie podzemnyh vod stalo aktual'noj ekologicheskoy problemoj* / E.A. Erustamov, I.V. Levakova // Vestnik Evrazijskoj nauki, 2019. - №6. – S. 33-38. <https://esj.today/PDF/40NZVN619.pdf>
4. Gnatyuk, V.I. *Matematicheskaya model' parametriceskoj virtualizacii dannyh tekhnocenzov* / V.I. Gnatyuk, O.R. Kivchun, S.A. Dorofeev, E.V. Bovtrikova // Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii "Informacionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij" (ITIDMS-II-2021), 1 iyulya 2021 goda.-M., 2021.-S. 90-91. URL: <https://na-konferencii.ru/conference/ii-mezhdunarodnaja-nauchno-prakticheskaja-konferencija-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>
5. Zaharova, O.A. *Resursosberegayushchaya tekhnologiya vosstanovleniya degradirovannyh pochv* / O.A. Zaharova. - Ryazan', RGATU, 2004.-262 s. URL: <https://f.eruditor.one/file/2118438/>
6. Zekcer, I.S. *Podzemnyj stok i resursy presnyh podzemnyh vod: sovremennoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya v Rossii* / I.S. Zekcer. - M.: Nauchnyj mir, 2012. -372 s.
7. Ismagilov, R. R. *Problema zagryazneniya vodnoj sredy i puti ee resheniya* / R. R. Ismagilov. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2012. — № 11 (46). — С. 127-129. — URL: <https://moluch.ru/archive/46/5623/> (data obrashcheniya: 03.01.2023). . URL: <https://moluch.ru/archive/46/5623/>
8. Kurasov, D.A. *Industriya cifrovyyh tekhnologij 4.0 (kratkij doklad)* / D.A. Kurasov // Informacionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii "Informacionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij" (ITIDMS 2021), Moskva, 20 yanvarya 2021 goda.-M., 2021. – 6 s. URL: <https://na-konferencii.ru/conference/ii-mezhdunarodnaja-nauchno-prakticheskaja-konferencija-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>
9. *Metody provedeniya sanitarno-mikrobiologicheskikh issledovanij* / Pod obshch.red. O.V. Evdokimovoj.- Ryazan': RGMU, 2022. – 128 s.
10. Miheev, M. *Postroenie intellektual'nyh informacionnyh sistem (kratkij doklad)* / M. Miheev, YU. Gusynina, T. SHornikova // Informacionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii "Informacionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij" (ITIDMS 2021), Moskva, 20 yanvarya 2021 goda.-M., 2021. – S. 22-26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45696054>
11. Molozhava, E.I. *Prognoz mikrobnogo samoochishcheniya podzemnyh vod* / E.I. Molozhavaya, N.V. CHugunihina, M.I. Afanas'eva // Gigiena i sanitariya, 1979.-V 8,- S.23-26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovaniye-mikrobnogo-samoochishcheniya-podzemnyh-vod>
12. Musaev, F.A. *Bakterial'nye soobshchestva v pochve sel'skohozyajstvennogo naznacheniya* / F.A. Musaev, O.A. Zaharova. - Ryazan', RGATU, 2014. – 205 с. URL:
13. Попов, А.М. Исследование робастности двухвыборочного критерия Стьюдента / А.М. Попов: Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-robastnosti-dvuhvyborochnogo-kriteriya-studenta/viewer> Data obrashcheniya 08.08.2022. URL: <https://yandex.ru/search/?text=11.%09Попов%2C+A.M.+Исследование+робастности+двухвыборочного+критерия+Стьюдента+%2F+A.M.+Попов%3A+Режим+доступа+https%3A%2F%2Fcyberleninka.ru%2Farticle%2Fn%2Fissledovanie-robastnosti-dvuhvyborochnogo-kriteriya-studenta%2Fviewer+Дата+обращения+08.08.2022.+&lr=11&clid=2261452&win=280>



14. Rogozin, M. YU. Problema zagryazneniya gruntovykh vod / M. YU. Rogozin, E. A. Beketova. — Tekst : neposredstvennyj // Molodoj uchenyj. — 2018. — № 25 (211). — S. 1-4. — URL: <https://moluch.ru/archive/211/51594/>

15. Stepanova, N.E. Racional'noe ispol'zovanie prirodnykh resursov i ohrana okruzhayushchej sredy v sel'skom hozyajstve / N.E. Stepanova, A.K. Vasil'ev, A.D. Ahmedov, I.A. Gushchina, D.S. Zharkova // Ekologiya i ohrana okruzhayushchej sredy: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya "Obespechenie ustojchivogo razvitiya v kontekste sel'skogo hozyajstva, zelenoj energetiki, ekologii i nauki o Zemle" 25 yanvarya 2021 goda. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — Smolensk, 2021.-T.273. - S. 5-10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43993249>

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

Захарова Ольга Алексеевна – д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Рязанский государственный агро-технологический университет имени П.А.Костычева, г. Рязань, Россия, ol-zahar-ru@yandex.ru

Евдокимова Ольга Валерьевна – канд. мед. наук, доцент, зав. кафедрой микробиологии ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П.Павлова» Минздрава РФ, г. Рязань, Россия, o.evdokimova@rzgmu.ru

Бакаева Наталья Павловна, д-р биол. наук, профессор кафедры садоводства, ботаники и физиологии ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет

Author information

Zakharova Olga A., Doctor of Agricultural Sciences Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, ol-zahar-ru@yandex.ru

Evdokimova Olga V., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Microbiology, Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov, Ministry of Health of the Russian Federation, Ryazan, Russia, o.evdokimova@rzgmu.ru

Bakaeva Natalya Pavlovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara State Agrarian University

Статья поступила в редакцию 29.09.2023; одобрена после рецензирования 01.12.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 29.09.2023; approved after reviewing 01.12.2023; accepted for publication 12.12.2023.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.2.034/612.11:612.12
DOI: 10.36508/RSATU.2023.87.42.006

**ОСНОВНЫЕ МАРКЕРЫ КРОВИ КЛИНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛЯТ
С ПРИЗНАКАМИ ПРОСТОЙ ДИСПЕПСИИ**

Ольга Александровна Карелина¹, Ольга Александровна Федосова²✉, Виталий Владиславович Кулаков³, Галина Викторовна Уливанова⁴, Анастасия Алексеевна Незаленова⁵

^{1,2,3,4,5} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹ olg90945056@yandex.ru

² fedosowa1986@mail.ru

³ kulakov.vitalii@yandex.ru

⁴ darinelle@mail.ru

⁵ nezalenova22@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью данного исследования было выявление информативных и достоверных маркеров крови, отражающих физиологическое состояние телят в плане изменения обменных процессов при отклонениях в клиническом состоянии.

Методология. Научно-хозяйственный опыт осуществлялся на базе крупного животноводческого предприятия ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. В качестве объектов исследования выступали телята голштинской породы в возрасте 8-10 дней. Подбор животных в группы проводился по принципу аналогов, учитывая происхождение, возраст, живую массу (при формировании групп разница в живой массе среди отобранных животных не превышала 2 % средней, согласно требованиям). Средняя живая масса при рождении составляла 40,5 кг). В первую группу (контрольную) вошли клинически здоровые телята, во вторую (опытную) – с клиническими признаками простой диспепсии. Образцы крови отправляли в ветеринарную лабораторию «НЕОВЕТ» (ООО «НЕОВЕТ»), г. Москва РФ.

Результаты. Установлено, что основными маркерами клинического состояния телят при заболеваниях (на примере диспепсии) стоит отметить гематокрит – у телят в группе клинически здоровых гематокрит был ниже на 11,3 % в сравнении с группой клинически больных; общее количество лейкоцитов и их субпопуляций – достоверно установлено снижение количества сегментоядерных нейтрофилов в крови больных телят на 25,8 % в сравнении с аналогичным показателем в крови животных первой группы (клинически здоровые телята), а также ферменты крови – выявлено достоверное снижение уровня креатинина на 39,5 %, а-амилазы на 27,7 % у животных опытной группы.

Заключение. Нами были выявлены информативные и достоверные маркеры крови при сравнительном анализе клинически здоровых телят и телят с клиническими признаками простой диспепсии. Однако для получения подтверждения высказанных предположений необходимо проведение дополнительных исследований, направленных на всестороннюю оценку процессов гемопозза, а также анализ витаминно-минерального состава молока.

Ключевые слова: телята, неонатальный период, диспепсия, общий анализ крови, биохимические показатели крови, обменные процессы, маркеры крови

Для цитирования: Карелина О.А., Федосова О.А., Кулаков В.В., Уливанова Г.В., Незаленова А.А. Основные маркеры крови клинического состояния телят с признаками простой диспепсии // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №4, С.36-45 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.87.42.006>

Original article

**THE MAIN BLOOD MARKERS OF THE CLINICAL CONDITION OF CALVES
WITH SIGNS OF SIMPLE DYSPEPSIA**

Olga A. Karelina¹, Olga A. Fedosova²✉, Vitaly V. Kulakov³, Galina V. Ulivanova⁴, Anastasia A. Nezalenova⁵

^{1,2,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

© Карелина О.А., Федосова О.А., Кулаков В.В., Уливанова Г.В., Незаленова А.А., 2023 г.



¹ olg90945056@yandex.ru

² fedosowa1986@mail.ru

³ kulakov.vitalii@yandex.ru

⁴ darinelle@mail.ru

⁵ nezalenova22@yandex.ru

Annotation.

Problem and purpose. The purpose of this study was to identify informative and reliable blood markers reflecting the physiological state of calves in terms of changes in metabolic processes with deviations in the clinical condition.

Methodology. Scientific and economic experience was carried out on the basis of a large livestock enterprise LLC Avangard of the Ryazan district of the Ryazan region. The objects of the study were calves of the Holstein breed at the age of 8-10 days. The selection of animals into groups was carried out according to the principle of analogues, taking into account origin, age, live weight (when forming groups, the difference in live weight among the selected animals did not exceed 2% of the average, according to the requirements. The average live weight at birth was 40.5 kg). The first group (control) included clinically healthy calves, the second (experimental) – with clinical signs of simple dyspepsia. Blood samples were sent to the NEOVET Veterinary Laboratory (LLC NEOVET), Moscow, Russian Federation.

Results. It has been established that the main markers of the clinical condition of calves in diseases (for example, dyspepsia) It is worth noting hematocrit – in calves in the group of clinically healthy, hematocrit was 11.3 % lower compared to the group of clinically ill; the total number of leukocytes and their subpopulations – a significant decrease in the number of segmented neutrophils in the blood of sick calves by 25.8% was found in comparison with the same indicator in the blood of animals of the first group (clinically healthy calves), as well as blood enzymes – a significant decrease in creatinine by 39.5%, α -amylase by 27.7% was revealed in animals of the experimental group.

Conclusion. We have identified informative and reliable blood markers in a comparative analysis of clinically healthy calves and calves with clinical signs of simple dyspepsia. However, in order to confirm these assumptions, it is necessary to conduct additional studies aimed at a comprehensive assessment of hematopoiesis processes, as well as an analysis of the vitamin and mineral composition of milk.

Key words: calves, neonatal period, dyspepsia, general blood test, biochemical blood parameters, metabolic processes, blood markers

For citation: Karelina O.A., Fedosova O.A., Kulakov V.V., Ulivanova G.V., Nezalenova A.A. The main blood markers of the clinical condition of calves with signs of simple dyspepsia // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, N. 4, P. 36-45 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.87.42.006>

Введение

Одним из направлений современной животноводческой науки и практики является разработка и внедрение интенсивных технологий, способствующих не только оптимизации таких технологических процессов как кормление и содержание скота, но и повышению его продуктивности при сохранении жизнестойкости и продуктивного долголетия [1-5]. Одна из важнейших задач при этом состоит в повышении адаптивных качеств молодняка, начиная с самых ранних периодов его развития, поскольку именно в раннем возрасте закладываются основы высокой продуктивности и крепкого здоровья [6-8].

Выращивание здорового молодняка является успехом любого предприятия в деле ведения успешного животноводства. Особая роль отводится контролю физиологического статуса в период новорожденности [9].

Одним из критических периодов развития молодняка крупного рогатого скота является ранний неонатальный период, под которым в зоотехнической и ветеринарной практике понимается промежуток между временем сразу после рождения и семью сутками.

Молодняк неонатального периода отличается низкой стабильностью протекания основных

физиологических процессов и, в частности, нестабильным метаболизмом.

Изменение физиологического состояния телят в неонатальный период может быть связано с различными внутренними и внешними факторами, в том числе с технологическими стрессами [10, 11].

Крайняя чувствительность телят к неблагоприятным факторам среды в неонатальный период может быть объяснена несовершенными физиологическими процессами в организме и общей незрелостью систем органов.

При рождении на организм новорожденного детеныша оказывает влияние огромное количество стресс-факторов. Происходит резкая смена условий существования, потеря привычных источников получения питательных веществ, что активизирует механизмы адаптации организма и сопровождается кардинальными перестройками функционирования многих систем органов. Особенности структурной, метаболической и функциональной активности различных систем организма в неонатальный период и крайняя важность глубокого понимания механизмов их адаптации к условиям производственной среды объясняют особое внимание ученых и практиков к этим вопросам и необходимость проведения корректировки техноло-



гических процессов [7, 9, 11].

Так, значительные морфологические изменения состава крови новорожденных животных во многом обусловлены прекращением плацентарного кровообращения и резким началом легочного кровообращения, что ведет за собой значительные морфо-функциональные перестройки системы кровообращения и сердечно-сосудистой системы. Первое кормление теленка сопровождается усилением кровотока в желудочно-кишечном тракте, усиливается кровоток и в печени на фоне ее общей незрелости [12].

Исследователи, специализирующиеся на изучении процессов, происходящих в ранний неонатальный период, выявили физиологическую гиперальбуминемию, билирубинемию, лейкоцитоз и гипогликемию телят, проявляющуюся в данный период [10].

Неонатальный период очень важен для последующего существования живого организма и для реализации генетических возможностей сельскохозяйственных животных, а также для обеспечения не только продуктивности, но и жизнеспособности [12].

Нестабильность физиологических процессов в организме телят в неонатальный период часто приводит к сбою в работе разных систем органов. Особенно остро эта проблема стоит в отношении желудочно-кишечного тракта.

Болезни желудочно-кишечного тракта в ново-

рожденный период наблюдаются в 80 % молочных хозяйств, занимающихся разведением крупного рогатого скота [6, 8].

Наиболее часто встречающаяся патология в данном возрасте – это диспепсия новорожденных телят, под которой понимается острое расстройство физиологических процессов пищеварения. Данная патология встречается в ранний период (до 10-дневного возраста) и характеризуется токсикозом, нарушением метаболических процессов, сопровождающихся потерей организмом воды и важных минеральных веществ – калия, натрия, кальция, магния и др. [6, 13, 14].

Некоторые ученые и ветеринары-практики отмечают, что расстройства желудочно-кишечного тракта и, в частности, диспепсии телят ведут к сдвигу кислотно-щелочного равновесия в сторону ацидоза, который сопровождается и другими деструктивными изменениями, например, нарушением функций печени и развитием иммунодефицитного состояния [14].

В своих исследованиях Борченко Р.В., Киселева Р.Е., Кузьмичева Л.В. [13], ссылаясь на труды Жиркова И.Н., Рецкого М.И. [15, 16], отмечают, что на заболеваемость телят влияют две группы факторов: антенатальные, под которыми понимаются факторы, связанные с нарушением внутриутробного развития, и постнатальные, то есть неблагоприятное воздействие на организм теленка совокупности внешних факторов (рис. 1).



Рис. 1 – Причины и последствия возникновения неспецифической диареи (Борченко Р.В., Киселева Р.Е., Кузьмичева Л.В. [13])

Fig. 1 – Causes and consequences of nonspecific diarrhea (Borchenko R.V., Kiseleva R.E., Kuzmicheva L.V. [13])

Во внутриутробный период на гомеостаз плода оказывает влияние организм матери через плаценту, выполняя пищеварительную, барьерную, терморегулирующую, дезинтоксикационную и другие функции, так как собственные силы плода еще не работают. Поэтому полноценное кормление сухостойных коров – это прямой путь к сохранности новорожденных телят, так как в последние два месяца стельности масса плода уве-

личивается в 8 раз больше, чем за первые семь месяцев плодного периода.

В неонатальный период первостепенное значение отводится режиму кормления телят, их содержанию. Так, молозиво хорошего качества, подогретого до 37-38° С, выпоенное в течение 0,5-1 часа после рождения в количестве не более 2 л за один прием, повышает адаптационные возможности еще неокрепшего организма теленка. Содер-



жание телят на свежем воздухе в индивидуальных домиках повышает естественную резистентность его организма за счет снижения риска от бактериальной и вирусной обсемененности окружающей телят среды, повышения двигательной активности молодняка [6].

Наиболее информативными и достоверными показателями, отражающими физиологическое состояние животных, являются гематологические и биохимические показатели крови [17].

Целью данного научного исследования было выявление информативных и достоверных маркеров крови, отражающих физиологическое состояние телят в плане изменения обменных процессов при отклонениях в клиническом состоянии.

Материалы и методы исследования

Научно-хозяйственный опыт осуществлялся на базе крупного животноводческого предприятия

ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. В качестве объектов исследования выступали телята голштинской породы в возрасте 8-10 дней. Подбор животных в группы проводился по принципу аналогов. В первую группу (контрольную) вошли клинически здоровые телята, во вторую (опытную) – с клиническими признаками простой диспепсии (рис. 2). Общее количество телят в каждой из групп составляло 10 голов. Выпойка и кормление телят осуществлялись по схеме, принятой в хозяйстве, на 8-15 дни жизни: выпойка 2 раза в сутки по 5 л молока, 200 г предстартера, доступ к воде свободный. Телятам из второй группы в качестве лечения назначалась щадящая диета, (электролитный (регидрационный) раствор «Кальфдринк» в форме выпойки, в соответствии с назначением).



Рис. 2. – Исследуемые группы телят

Fig. 2. – Studying groups of calves

Отбор крови осуществлялся утром из яремной вены с использованием закрытой вакуумной системы (рис. 3). Образцы крови отправлялись в ветеринарную лабораторию «НЕОВЕТ» г. Москва на исследование



Рис.3. – Отбор крови у телят (автор О.А. Карелина)

Fig.3. – Blood sampling from calves (author O.A. Karelina)

Оценку общеклинических показателей проводили на автоматическом гематологическом анализаторе DF-50Vet (5-diff) (ООО «Диакон-Вет»).

Биохимические показатели крови определяли на автоматическом биохимическом анализаторе Dirui CS T240 (производитель Dirui, Китай) с использованием реагентов этого же производителя.

Оценку количественного содержания витаминов проводили масс-спектрометрически, высокоэффективной жидкостной хроматографией и при помощи иммунохемилюминесцентного анализа соответственно.

Статистическую обработку полученных резуль-

татов 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

Нами был проведен анализ изменения уровня белкового и минерально-витаминного обмена у телят в зависимости от их клинического состояния.

При исследовании цельной крови с целью оценки общеклинических показателей определяли в крови величину гематокрита, содержание гемогло-



бина, значения скорости оседания эритроцитов, число эритроцитов, лейкоцитов и их субпопуляции (нейтрофильные миелоциты, палочкоядерные нейтрофилы, сегментоядерные нейтрофилы,

эозинофилы, моноциты, базофилы и моноциты), а также количество тромбоцитов. Результаты гематологического анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общеклинические показатели крови исследуемых телят, (n=10)

Показатель	Группа животных	
	Контрольная группа	Опытная группа
Гематокрит (PCV), %	19,5±6,24	21,98±0,58*
Гемоглобин (Hb), г/л	79,83±20,84	86,5±5,85
Эритроциты (RBC), $\times 10^{12}/л$	4,97±1,50	5,75±0,12
Среднее содержание Hb в эритроците (MCH), Пг	16,33±1,27	15,05±1,00
Средняя концентрация Hb в эритроците (MCHC), %	42,02±4,02	39,33±2,01
Средний объем эритроцита (MCV), фл	38,95±1,05	38,23±0,63
Показатель анизоцитоза эритроцитов (RDW), %	15,9±2,52	16,75±1,18
СОЭ (ESR), мм/ч	1,0±1,52	0±0
Лейкоциты (WBC), $\times 10^9/л$	9,33±2,08	7,33±1,49**
Количество ядерных эритроцитов/100 лейкоцитов (nRBC)	0	0
Скорректированное количество лейкоцитов, $\times 10^9/л$	9,33±2,06	7,33±1,89**
Нейтрофильные миелоциты (Myelocyte), $\times 10^9/л$	0	0
Нейтрофильные метамиелоциты (Metamyelocyte), $\times 10^9/л$	0	0
Палочкоядерные нейтрофилы (Bands), $\times 10^9/л$	0	0,04±0,07**
Сегментоядерные нейтрофилы (Neu), $\times 10^9/л$	5,25±1,19	3,90±0,95**
Эозинофилы (Eos), $\times 10^9/л$	0,1±0,12	0,09±0,06
Моноциты (Mon), $\times 10^9/л$	0,38±0,09	0,21±0,09
Базофилы (Bas), $\times 10^9/л$	0±0	0,03±0,04**
Лимфоциты (Lym), $\times 10^9/л$	3,62±0,87	3,04±0,96
Другое	0	0
Тромбоциты (PLT), $\times 10^9/л$	929,0±17,62	1016,8±93,10

* – имеется устойчивая тенденция при $0,1 \geq p \geq 0,05$;

** – достоверно при $p \leq 0,05$

Как видно из таблицы 1, достоверное отличие наблюдалось по показателю гематокрита, устойчивая тенденция в изменениях показателей общего количества лейкоцитов, а также конкретно в субпопуляции нейтрофилов и базофилов.

Так, у телят в группе клинически здоровых гематокрит был ниже на 11,3 % в сравнении с груп-

пой клинически больных (рис. 4). Основной рост данного показателя у больных животных, вероятно, связан с признаками дегидратации вследствие снижения потребления общего количества жидкости, что указывает на недостаточные объемы применяемых регидратационных растворов.

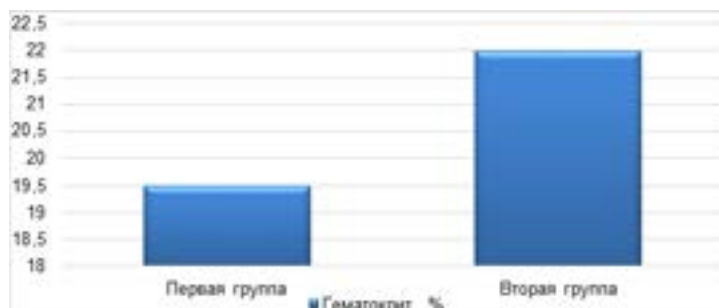


Рис. 4 – Гистограмма гематокрита

Fig. 4 – Hematocrit histogram

Что касается имеющейся разницы в количественном показателе клеток белой крови, а конкретно субпопуляции нейтрофилов, то достоверно установлено снижение количества сегмен-

тоядерных нейтрофилов в крови больных телят на 25,8 % в сравнении с аналогичным показателем в крови животных первой группы (клинически здоровые телята) (рис. 5).

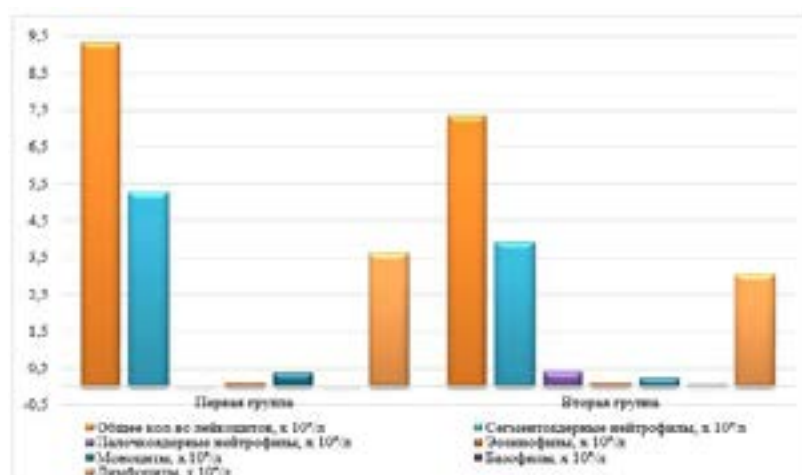


Рис. 5 – Гистограмма лейкоцитарной формулы
Fig. 5 – Histogram of leukocyte formula

Данный факт можно объяснить усилением миграции нейтрофилов в ткани кишечника (процесс воспаления), так называемой нейтропенией потребления, а также это косвенно может указывать на вирусную причину возникновения диспепсии,

спровоцированную снижением общего иммунитета на фоне пищевого стресса при введении в рацион престаартеров.

Исследование биохимического состава сыворотки и плазмы крови представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Биохимические показатели сыворотки крови исследуемых телят, (n=10)

Показатель	Группа животных	
	Контрольная группа	Опытная группа
Билирубин общий, ммоль/л	4,05±0,99	3,76±1,05
Билирубин прямой, ммоль/л	1,75±0,71	1,82±0,75
АСТ, ед./л	57,66±20,34	53,2±13,85
АЛТ, ед./л	16±7,94	17,7±13,63
Коэффициент Ритиса	3,82±0,79	3,57±0,93
Мочевина, ммоль/л	7,47±1,21	3,76±0,82**
Креатинин, мкмоль/л	149,22±12,98	89,6±10,24*
Общий белок, г/л	55,88±8,34	55,1±4,92
Альбумин, г/л	29,47±9,81	30,8±1,4
Глобулин, г/л	21,01±9,05	24,3±4,19
Соотношение альбумин/глобулин	1,54±0,52	1,31±0,22
Щел. Фосфатаза, ед./л	516±165,36	455,6±105,90
α-Амилаза, ед./л	342,66±117,64	247,80±122,65**
Глюкоза, ммоль/л	5,14±1,22	5,46±1,44
ЛДГ, ед./л	1377,0±190,08	1419,1±367,79
Фосфор, ммоль/л	2,20±0,28	2,00±0,38
Кальций, ммоль/л	2,45±0,35	2,87±0,37*
Вит D, ммоль/л	0,0302±0,0068	0,0179±0,0050**
Вит B ₁₂ , нмоль/л	20,52±2,44	14,11±2,54**

* – имеется устойчивая тенденция при $0,1 \geq p \geq 0,05$;

** – достоверно при $p \leq 0,05$

При исследовании биохимического состава сыворотки и плазмы крови с целью установления изменений, связанных с наличием отклонений в клиническом статусе телят, проведен комплексный анализ, по результатам которого выявлено достоверное снижение уровня креатинина на

39,9 % у животных опытной группы (табл. 2, рис. 6). Также наблюдалась устойчивая тенденция к снижению значения мочевины на 49,7 %, α-амилазы на 27,7 % (рис. 7), витаминов D и B₁₂ на 40,7 и 31,2 % соответственно.

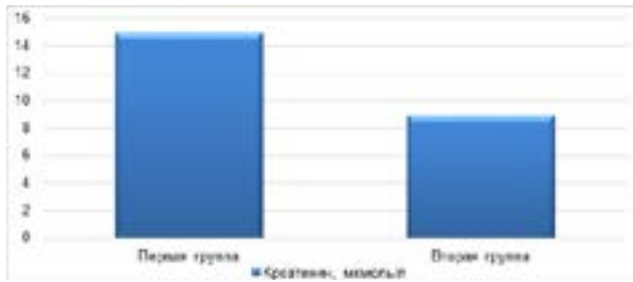


Рис. 6 – Гистограмма креатинина
Fig. 6 – Creatinine histogram

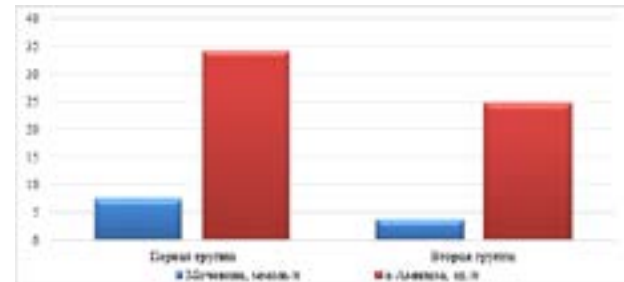


Рис. 7 – Графическое отображение содержания мочевины и α-амилазы
Fig. 7 – Graphic display of urea and α-amylase content

Анализ минерального состава сыворотки крови показал, что клинический статус теленка может влиять на содержание неорганических компонентов крови. Концентрация общего кальция изменялась с $2,45 \pm 0,35$ (по контролю) до $2,87 \pm 0,37$ ммоль/л (в опытной группе) и стала больше на 17,1 % в сыворотке крови больных животных, выявив устойчивую тенденцию к увеличению этого показателя у телят с заболеванием желудочно-кишечного тракта.

Содержание неорганического фосфора также различилось между контролем и опытной группой и колебалось в пределах $2,20 \pm 0,28$ и $2,00 \pm 0,38$ ммоль/л, однако различия между показателями по группам оказались недостоверными.

Анализируя фосфорно-кальциевый обмен, установили, что соотношение кальция и фосфора в сыворотке крови телят разных групп также различались и составляло – 0,9 и 0,7. Разницу в данном соотношении, как и значительно более высокое содержание общего кальция в сыворотке крови больных животных, можно объяснить применением в качестве поддерживающей терапии электролитных растворов, содержащих, в том числе, кальций в форме кальция хлорида.

Заключение

На основании проведенного анализа сформулированы следующие выводы.

1. Основными маркерами клинического состояния телят при заболеваниях пищеварительного тракта (на примере диспепсии) стоит отметить гематокрит (приобретает важное значение при оценке достаточности применяемых электролитных растворов в рамках заместительной терапии, с целью предотвращения общей дегидратации организма), общее количество лейкоцитов и их субпопуляций (позволяет оценить тяжесть патологического процесса, и предположить этиологию патологического процесса при вовлечении вирусных или бактериальных факторов), а также ферменты крови как маркеры состояния функционирования важнейших органов обмена – печени, поджелудочной железы и почек.

2. Говоря о минеральном обмене и витаминной достаточности, стоит отметить, что, несмотря на имеющиеся достоверные результаты и тенденции, говорить об использовании данных показателей как маркеров состояния достаточно сложно, так как для подтверждения необходимы исследования на протяжении всех стадий развития пато-

логического процесса. Однако полученные данные в полной мере могут представлять интерес в диагностической оценке при проведении лечебных мероприятий, а также в исследовательской работе.

Список источников

1. Благов, Д.А. Использование цифровых технологий в контроле полноценности кормления крупного рогатого скота / Д.А. Благов, С.В. Митрофанов, Н.С. Панферов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2019. – № 3(35). – С. 39-42. – EDN JPLNWN. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40848504>.

2. 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. – P. 88. – DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012088.

3. 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>.

4. 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>.

5. 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>.

6. Профилактика и лечение диспепсии у новорожденных телят : учебное пособие для вузов / А.Я. Батраков, К.В. Племяшов, В.Н. Виденин, А.В. Яшин; А.Я. Батраков, К.В. Племяшов, В.Н. Виденин, А.В. Яшин. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Квадро», 2021.



– 56 с. – (Учебники и учебные пособия для высших учебных заведений). – ISBN 978-5-906371-71-1. – EDN JCDLKN. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47189828>.

7. Николаев, С.В. Динамика изменений биохимического состава крови у клинически здоровых телят в первый месяц постнатального развития / С.В. Николаев // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2020. – № 4(48). – С. 20-23. – DOI 10.24411/2074-5036-2020-10037. – EDN NOQHVJ.

8. Савельева, Л.Н. Биохимический статус крови телят в норме и при патологии органов пищеварения / Л.Н. Савельева // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 9(186). – С. 179-183. – DOI 10.36718/1819-4036-2022-9-179-183. – EDN RDEUKV.

9. Ефимова, К.А. Динамика клеточных и биохимических показателей крови телят первого месяца жизни в норме и при развитии бронхопневмонии: специальность 06.02.01 «Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных»: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Ефимова Ксения Андреевна, 2021. – 170 с. – EDN VUSKDA. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54419632>.

10. Состояние здоровья телят и стратегия профилактики ранней постнатальной патологии / Л.В. Клетикова, А.Н. Мартынов, Н.П. Шишкина, Д.И. Синельщикова // Вестник ОрелГАУ. – 2020. – №1 (82). – С.73-80. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-zdorovya-telyat-i-strategiya-profilaktiki-ranney-postnatalnoy-patologii>.

11. The use of inflammatory markers as a diagnostic and prognostic approach in neonatal calves with septicaemia / A. Kirbas, F.M. Kandemir, D. Celebi, B. Hanedan, M.O. Timurkan. – Acta Vet Hung. – 2019. – Sep;67(3). – P. 360-376. – PMID: 31549538. – DOI: 10.1556/004.2019.037.

12. Биологические основы ветеринарной неонатологии / Х. Б. Баймишев, Б. В. Криштофорова, И. В. Хрусталева [и др.]. – Самара : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. – 452 с. – ISBN 978-5-88575-321-0. –

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

EDN RYVYMV. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21333647>.

13. Анализ причин и последствий возникновения неспецифической диареи новорожденных телят / Р.В. Борченко, Р.Е. Киселева, Л.В. Кузьмичева // Вестник МГУ. – 2007. – №4. – С.71-77. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-prichin-i-posledstviy-vozniknoveniya-nespetsificheskoy-diarei-novorozhdennyh-telyat>.

14. Киселенко, П.С. Показатели крови телят при диарее / П.С. Киселенко // Материалы национальной международной научно-производственной конференции «Биотехнологические решения задач аграрной науки», Майский, 24 мая 2017 года. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2017. – С. 19-21. – EDN WOYIDO. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37347410>.

15. Жирков, И.Н. Нитроксергическая регуляция пищеварения / И.Н. Жирков // Сельскохозяйственная биология. – 1999. – №2. – С.25-37. – URL: <https://earthpapers.net/izuchenie-strukturno-funktionalnyh-svoystv-syvorotochnogo-albumina-i-biohimicheskikh-kriteriev-endo-gennoy-intoksikatsii-k>

16. Рецкий, М.И. Система антиоксидантной защиты у животных при стрессе и его фармакологической регуляции : специальность 03.02.00 «Общая биология» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Рецкий Михаил Исаакович. – Воронеж, 1997. – 51 с. – EDN ZBLGWD. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37211168>.

17. Маркарян, Р.О. Физиологические особенности показателей крови у телят и коров / Р.О. Маркарян // Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»: Сборник статей. Том Выпуск 58. – Владикавказ : Горский государственный аграрный университет, 2021. – С. 182-183. – EDN HZXTYB. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48063086>

References

1. Blagov, D.A. Ispol'zovanie czifrov`kh tekhnologij v kontrole polnoczennosti kormleniya krupnogo rogatogo skota / D.A. Blagov, S.V. Mitrofanov, N.S. Panferov // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizaczii zhivotnovodstva. – 2019. – # 3(35). – S. 39-42. – EDN JPLNWN. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40848504>.

2. 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.

3. 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>.

4. 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>.



5. 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>.
6. Профилактика и лечение диспепсии у новорожденных телят : учебное пособие для вузов / А.Я. Батраков, К.В. Племышов, В.Н. Виденин, А.В. Яшин; А.Я. Батраков, К.В. Племышов, В.Н. Виденин, А.В. Яшин. – Санкт-Петербург : Общество с ограниченной ответственностью «Квадро», 2021. – 56 с. – (Учебники и учебные пособия для высших учебных заведений). – ISBN 978-5-906371-71-1. – EDN JCDLKN. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47189828>.
7. Nikolaev, S.V. Dinamika izmenenij biohimicheskogo sostava krovi u klinicheski zdorovyh telyat v pervyj mesyac postnatal'nogo razvitiya / S. V. Nikolaev // Aktual'nye voprosy veterinarnoj biologii. – 2020. – № 4(48). – С. 20-23. – DOI 10.24411/2074-5036-2020-10037. – EDN NOQHVJ. –
8. Savel'eva, L.N. Biohimicheskij status krovi telyat v norme i pri patologii organov pishchevareniya / L. N. Savel'eva // Vestnik KrasGAU. – 2022. – № 9(186). – С. 179-183. – DOI 10.36718/1819-4036-2022-9-179-183. – EDN RDEUKV.
9. Efimova, K.A. Dinamika kletочnyh i biohimicheskikh pokazatelej krovi telyat pervogo mesyaca zhizni v norme i pri razviti bronhopnevmonii : special'nost' 06.02.01 «Diagnostika boleznej i terapiya zhivotnyh, patologiya, onkologiya i morfologiya zhivotnyh» : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskikh nauk / Efimova Kseniya Andreevna, 2021. – 170 s. – EDN VUSKDA. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54419632>.
10. Sostoyanie zdorov'ya telyat i strategiya profilaktiki rannej postnatal'noj patologii / L.V. Kletikova, A.N. Martynov, N.P. SHishkina, D.I. Sinel'shchikova // Vestnik OrelGAU. – 2020. – №1 (82). – С.73-80. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-zdorovya-telyat-i-strategiya-profilaktiki-ranney-postnatalnoy-patologii>.
11. The use of inflammatory markers as a diagnostic and prognostic approach in neonatal calves with septicaemia / A. Kirbas, F.M. Kandemir, D. Celebi, B. Hanedan, M.O.Timurkan. – Acta Vet Hung. – 2019. – Sep;67(3). – R. 360-376. – PMID: 31549538. – DOI: 10.1556/004.2019.037.
12. Biologicheskie osnovy veterinarnoj neonatologii / H. B. Bajmishev, B. V. Krishtoforova, I. V. Hrustaleva [i dr.]. – Samara : Samarskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2013. – 452 s. – ISBN 978-5-88575-321-0. – EDN RYVYMV. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21333647>.
13. Analiz prichin i posledstvij vozniknoveniya nespecificheskoj diarei novorozhdennyh telyat / R.V. Borchenko, R.E. Kiseleva, L.V. Kuz'micheva // Vestnik MGU. – 2007. – №4. – С.71-77. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-prichin-i-posledstviy-vozniknoveniya-nespetsificheskoy-diarei-novorozhdennyh-telyat>.
14. Kisel'enko, P.S. Pokazateli krovi telyat pri diaree / P.S. Kisel'enko // Materialy nacional'noj mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii «Biotekhnologicheskie resheniya zadach agrarnoj nauki», Majs'kij, 24 maya 2017 goda. – Majs'kij: Belgorodskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V.YA. Gorina, 2017. – С. 19-21. – EDN WOYIDO. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37347410>.
15. ZHirkov, I.N. Nitrokseregicheskaya regulyaciya pishchevareniya / I.N. ZHirkov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 1999. – №2. – С.25-37. – URL: <https://earthpapers.net/izuchenie-strukturno-funktsionalnyh-svoystv-syvorotochnogo-albumina-i-biohimicheskikh-kriteriev-endogennoj-intoksikatsii-k>
16. Reckij, M.I. Sistema antioksidantnoj zashchity u zhivotnyh pri stresse i ego farmakologicheskoj regulyacii : special'nost' 03.02.00 «Obshchaya biologiya» : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora biologicheskikh nauk / Reckij Mihail Isaakovich. – Voronezh, 1997. – 51 s. – EDN ZBLGWD. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37211168>.
17. Markaryan, R.O. Fiziologicheskie osobennosti pokazatelej krovi u telyat i korov / R.O. Markaryan // Vestnik nauchny'kh trudov molody'kh uchyony'kh, aspirantov i magistrantov FGBOU VO «Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet»: Sbornik statej. Tom Vy'pusk 58. – Vladikavkaz : Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – С. 182-183. – EDN HZXTYB. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48063086>

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

Карелина Ольга Александровна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, olg90945056@yandex.ru

Федосова Ольга Александровна, канд. биол. наук, и.о. зав. кафедрой зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, fedosowa1986@mail.ru

Кулаков Виталий Владиславович, канд. биол. наук, и.о. зав. кафедрой анатомии и физиологии сельскохозяйственных животных, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kulakov.vitalii@yandex.ru

Уливанова Галина Викторовна, канд. биол. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, darinelle@mail.ru

Незаленова Анастасия Алексеевна, аспирант направления подготовки 36.06.01 Ветеринария



и зоотехния, направленность (профиль) «Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, nezalenova22@yandex.ru

Author information

Karelina Olga A., Ph.D. Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, olg90945056@yandex.ru

Fedosova Olga A., Ph.D. Biol. Sciences, Acting Head Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, fedosowa1986@mail.ru

Kulakov Vitaly V., Ph.D. Biol. Sciences, Acting head Department of Anatomy and Physiology of Farm Animals, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, kulakov.vitalii@yandex.ru

Ulivanova Galina Viktorovna, Ph.D. Biol. Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, darinelle@mail.ru

Nezalenova Anastasia A., Postgraduate Student, Direction of training 06.36.01 Veterinary and Animal Science, focus (profile) "Private Animal Science, Technology of Production of Livestock Products", Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, nezalenova22@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 16.10.2023; одобрена после рецензирования 29.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 16.10.2023; approved after reviewing 29.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.86
DOI: 10.36508/RSATU.2023.95.31.007

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗНЫХ ДОЗ ВНЕСЕНИЯ ИНДЮШИНОГО ПОМЕТА
И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ**

Эдуард Николаевич Каташов¹✉, Олег Николаевич Кухарев², Александр Николаевич Арефьев³, Николай Петрович Чекаев⁴

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза, Россия,

¹ e.katashov@mcs.pnzreg.ru

² kucharev.o.n@pgau.ru

³ arefiev.a.n@pgau.ru

⁴ chekaev1975@mail.ru

Аннотация

Проблема и цель. Использование птичьего помета в качестве удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур ограничивается различным его химическим составом, при этом отсутствует достаточно обоснованная технология его применения в земледелии, а также не полностью определена специфика влияния пометного удобрения на плодородие почвы. Целью исследования является изучение химического состава индюшиного помета, определение оптимальных доз внесения для озимой пшеницы на черноземе выщелоченном в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Методология. Исследования проводились в обособленном подразделении учебно-опытного хозяйства «Рамзай» Пензенского ГАУ (первый агропочвенный район Пензенской области) в 2020-2023 гг. по следующей схеме: фактор А – дозы индюшиного помета на соломенной подстилке: без применения индюшиного помета (контроль), а также с внесением индюшиного помета дозами 5, 10, 15, 20, 25, 30 т/га (соответственно варианты опыта ИП1, ИП2, ИП3, ИП4, ИП5, ИП6). Фактор В – фон применения микробиологических препаратов: 1) Фон 1 – без применения микробиологических препаратов (No-biopreparat); 2) Фон 2 – инокуляция семян микробиологическими препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит» из расчета по 2 л/т (N-vit + P-vit).

Результаты. Изучаемый помет характеризовался содержанием азота 3,26-3,60 %, фосфора 2,45-3,45 %, калия 3,25-3,85 %, органического вещества 41,3-43,3 %. Результаты исследований показывают, что внесение индюшиного помета в дозах от 5 до 30 т/га достоверно повышает количество продуктивных стеблей, количество зерен в колосе и массу зерна с одного колоса, что привело к повышению урожайности зерна озимой пшеницы на 17,6-85,7 %. Применение инокуляции семян микробиологическими препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит» в дозах по 2 л/т повысило эффективность внесенных доз помета, при этом урожайность зерна озимой пшеницы повысилась по отношению к варианту без удобрений на 25,9-87,2 %, а по отношению к дозам помета без микробиологических удобрений в среднем на 4,9 %. Прибавки зерна от одной тонны помета при изучаемых дозах составили от 76,1 до 145,0 кг/т. Наибольшая отдача от внесения помета получена при дозе 10 т/га. Инокуляция семян позволила увеличить прибавки от одной тонны помета от 81,1 до 175,9 кг/т.

Заключение. В результате исследований выявлено, что наибольшая урожайность озимой пшеницы получена на варианте с дозой внесения индюшиного помета 25 т/га, как на фоне без применения микробиологических препаратов, так и на фоне инокуляции семян микробиологическими препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит», а наибольшая отдача от внесенных доз помета отмечена на варианте с дозой индюшиного помета 10 т/га, что связано с повышением продуктивной кустистости, с увеличением количества зерен в колосе, массы зерна с одного колоса, и массы 1000 зерен.

Ключевые слова: индюшиный помет, озимая пшеница, микробиологический препарат, продуктивность

Для цитирования: Каташов Э.Н., Кухарев О.Н., Арефьев А.Н., Чекаев Н.П. Продуктивность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном в зависимости от разных доз внесения индюшиного помета и микробиологических препаратов // Вестник Рязанского государственного аграрного университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №4. С.46-54 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.95.31.007>



Original article

**PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT ON LEACHED CHERNOZEM
DEPENDING ON DIFFERENT DOSES OF OF TURKEY MANURE AND MICROBIOLOGICAL
PREPARATIONS****Eduard N. Katashov**^{1✉}, **Oleg N. Kukharev**², **Alexander N. Arefiev**³, **Nikolai P. Chekaev**⁴^{1,2,3,4} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State Agrarian University",
Penza, Russia¹ e.katashov@mcx.pnzreg.ru² kucharev.o.n@pgau.ru³ arefiev.a.n@pgau.ru⁴ chekaev1975@mail.ru

Problem and purpose. The use of bird droppings as a fertilizer in the cultivation of agricultural crops is limited by its different chemical composition, while there is no sufficiently substantiated technology for its use in agri-culture, and the specifics of the influence of droppings fertilizer on soil fertility are not fully determined. The purpose of the study is to study the chemical composition of turkey droppings, to determine the optimal application doses for winter wheat on leached chernozem in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region.

Methodology. The research was carried out in a separate unit of the educational and experimental farm "Ram-zai" of the Penza State Agrarian University (the first agro-soil region of the Penza region) in 2020-2023. according to the following scheme: factor A - doses of turkey manure on a straw bedding: without the use of turkey manure (control), as well as with the application of turkey manure in doses of 5, 10, 15, 20, 25, 30 t/ha (respectively, experimental options IP1, IP2, IP3, IP4, IP5, IP6). Factor B – background for the use of microbiological preparations: 1) Background 1 – without the use of microbiological preparations (No-biopreparat); 2) Back-ground 2 – inoculation of seeds with microbiological preparations "Azotovit" and "Fosphatovit" at a rate of 2 l/t (N-vit + P-vit).

Results. The studied litter was characterized by a nitrogen content of 3.26-3.60%, phosphorus 2.45-3.45%, potassium 3.25-3.85%, organic matter 41.3-43.3%. Research results show that the application of turkey manure in doses from 5 to 30 t/ha significantly increases the number of productive stems, the number of grains in an ear and the weight of grain per ear, which led to an increase in the grain yield of winter wheat by 17.6-85.7%. The use of seed inoculation with microbiological preparations "Azotovit" and "Fosphatovit" in doses of 2 l/t increased the effectiveness of applied doses of manure, while the grain yield of winter wheat increased relative to the option without fertilizers by 25.9-87.2%, and in relation to doses of manure without microbiological fertilizers by an average of 4.9%. The increase in grain from one ton of litter at the studied doses ranged from 76.1 to 145.0 kg/t. The greatest return from applying manure was obtained at a dose of 10 t/ha. Inoculation of seeds made it possible to increase the increase from one ton of litter from 81.1 to 175.9 kg/t.

Conclusion. As a result of the research, it was revealed that the highest yield of winter wheat was obtained in the variant with a dose of turkey manure of 25 t/ha, both against the background without the use of microbiological preparations, and against the background of seed inoculation with microbiological preparations "Azotovit" and "Fosphatovit", and the greatest return from the applied doses of manure was noted in the variant with a dose of turkey manure of 10 t/ha, which is associated with an increase in productive tillering, with an increase in the number of grains in an ear, the weight of grain per ear, and the weight of 1000 grains.

Key words: turkey droppings, winter wheat, microbiological preparation, productivity

For citation: Katashov E.N., Kukharev O.N., Arefiev A.N., Chekaev N.P. Productivity of winter wheat on leached chernozem depending on different doses of turkey manure and microbiological preparations // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. T.15, N. 4. P 46-54. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.95.31.007>

Введение

В связи с высокой интенсивностью технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, проблемы снижения плодородия почв становятся основными для повышения продуктивности аграрного сектора [1, 2]. Данное снижение эффективного плодородия почвы напрямую связано с низким количеством применяемых различных видов органических удобрений или полностью их отсутствием. Поэтому в настоящих условиях земледелия необходимо использовать все имеющиеся резервы (солома, навоз, помет,

сидераты, осадки городских сточных вод) органического вещества для воспроизводства эффективного плодородия почв [1, 3-6]. Навозосодержащие отходы птицеводства и животноводства могут относиться к основным источникам восполнения органического вещества почв и восстановления их плодородия, но при обязательной их подготовке для эффективного использования [4, 7-9].

Многие птицефабрики России в настоящее время оказались в сложной ситуации из-за большого скопления помета в помехохранилищах и отсутствия экологически безопасных приёмов



подготовки и использования данных видов отходов в сельскохозяйственном производстве [10-13]. Химический анализ помета в помехранилищах показывает, что при правильном способе их хранения он может быть наиболее эффективным органическим удобрением за счет высокого содержания макроэлементов [4, 7, 12, 14-16].

Птичий помет содержит большое количество питательных элементов и является ценным высококонцентрированным органическим удобрением [1, 3, 5]. Поэтому целесообразно в настоящее время его использовать для восполнения органического вещества почвы [2, 6].

В связи с тем, что применение органических отходов сельскохозяйственного производства в качестве удобрений сопряжено с определённой экологической опасностью, следует применять только то их количество, которое не наносит вред агроэкосистеме и окружающей природной среде [1, 3].

В российских и иностранных научных изданиях птичий помет характеризуется достаточно высоким содержанием основных элементов питания растений, тем самым может значительно увеличивать продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур [3, 7, 8, 17, 18].

Применение птичьего помета как удобрения сдерживается из-за недостаточной изученности химического состава пометной массы, нет достаточно обоснованной технологии его применения в севообороте, а также не выявлена специфика его воздействия на плодородие почв [2, 4]. В связи с этим представляется актуальным изучение химического состава пометного удобрения, определение оптимальных доз внесения под конкретные сельскохозяйственные культуры в разных природно-климатических условиях.

Методика и материалы

Для изучения действия индюшиного помета на формирование урожайности озимой пшеницы в 2020-2023 гг. проводились полевые исследования по следующей схеме: Фактор А – дозы индюшиного помета на соломенной подстилке: без внесения индюшиного помета (контроль), а также с внесением индюшиного помета дозами 5, 10, 15, 20, 25, 30 т/га (соответственно варианты опыта ИП1, ИП2, ИП3, ИП4, ИП5, ИП6). Фактор В – фон применения микробиологических препаратов: 1. Фон 1 – без применения микробиологических препаратов (No-bioreparat); 2. Фон 2 – инокуляция семян микробиологическими препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит» из расчета по 2 л/т (N-vit + P-vit).

Микробиологические препараты «Азотовит» и «Фосфатовит» применялись с целью повышения доступности питательных веществ из помета. Препарат «Азотовит» произведен на основе живых бактерий, обладающих азотфиксирующими свойствами, со следующим содержанием в препарате живых штаммов В-9029 бактерий *Azotobacterchroococcum* 5 млрд/см³ (раствор 5×10⁹ КОЕ/г). Препарат «Фосфатовит» содержит 120 млн/см³ (раствор 0.12×10⁹ КОЕ/г) живого материала штамма В-8966 бактерий *Bacillusmucilaginosus* Bac 10 и полезные микроорганизмы почвенной микрофлоры.

Число продуктивных стеблей определяли методом подсчета с 0,25 м² в трехкратной повторности; учет урожая – методом линейного метра в трехкратной повторности с каждой деланки; содержание в помете азота (ГОСТ 26715-85), фосфора (ГОСТ 26717-85) и калия (ГОСТ 26718-85). Органические удобрения. Методы определения азота, фосфора и калия).

Изучаемые дозы помета вносились вручную в чистом пару в третьей декаде июля и сразу заделывались дискатором на глубину 10-12 см.

Инокуляция семян микробиологическими препаратами проводилась перед посевом на протравленные семена химическими препаратами Тиара, кс (тиаметоксам, 350 г/л) и Стингер, кс (тебуконазол, 60 г/л). В исследованиях Н.П. Чекаева, Ю.В. Блинохватовой, А.В. Нуштаевой (2022 г.) показано, что совместное протравливание семян препаратами тиаметоксам, тебуконазол и инокуляция микробиологическими препаратами Азотовит и Фосфатовит повышают всхожесть семян зерновых культур на 1-2%.

Летние вегетационные периоды 2021-2023 гг. характеризовались как благоприятные для роста и развития озимой пшеницы. ГТК в эти периоды составляли больше единицы 1,16-1,38. Осенний вегетационный период 2020 года характеризовался как засушливый. ГТК составил 0,7.

Применяемый индюшиный помет по годам внесения характеризовался следующими показателями: содержание азота 3,26-3,60 %, содержание фосфора 2,45-3,45 %, содержание калия 3,25-3,85 %, рН 6,7-8,0, содержание органического вещества 41,3-43,3 %, влажность 48,0-50,9 %, зольность 13,5-17,4 %. Для опытов использовали индюшиный помет на соломенной подстилке со сроком хранения в помехранилище 4-5 месяцев (табл. 1)

Таблица 1 – Характеристика индюшиного помета по годам внесения

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Средние значения за три года
Азот, %	3,60	3,26	3,54	3,47
Фосфор, %	2,80	2,45	3,45	2,90
Калий, %	3,85	3,25	3,75	3,62
рН, ед	8,0	6,7	6,7	7,13
Органическое вещество, %	41,3	41,5	43,3	42,0
Влажность, %	48,0	50,9	48,6	49,2
Зольность	17,4	17,0	13,5	16,0



Исследования проводились на мелкоделяночных опытах с учетной площадью делянок 9,0 м², ширина защитных полос 1,5 м, размещение вариантов рендомизированное, повторность трехкратная. Изучаемые дозы помета вносились вручную в третьей декаде июля с одновременной заделкой дискатором на глубину 10-12 см. Посев озимой пшеницы сорта Безостая 100 проводился в первой декаде сентября нормой высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Перед посевом семена озимой пшеницы характеризовались лабораторной всхожестью 95 %. Учет урожая определяли методом линейного метра в трех повторности с каждой делянки.

Опыты проводились на черноземе выщелоченном среднегумусном среднемощном тяжелоуглинистом, который характеризовался следующими показателями: органическое вещество (гумус) – 6,52-6,91%, щелочногидролизующий азот 109,0-111,0 подвижный фосфор – 133,0-149,0, подвижный калий – 127,0-140,0 мг на кг почвы, рН_{с_л} 5,32-5,51, гидролитическая кислотность – 4,85-5,57 мг-экв. на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 34,4-36,2 мг-экв. на 100 г почвы.

Так, в среднем с 5 т/га помета вносилось азота – 85,1 кг/га, фосфора – 71,1 кг/га, калия – 88,7 кг/га, а с дозой 30 т/га – азота 510,8 кг/га, фосфора – 426,8 кг/га, калия – 532,5 кг/га (табл. 2). Соотношение питательных веществ N:P:K в используемом индюшином помете в среднем составляло 1:0,8:1.

Опыты проводились на черноземе выщелоченном среднегумусном среднемощном тяжелоуглинистом, который характеризовался следующими показателями: органическое вещество (гумус) – 6,52-6,91 %, щелочногидролизующий азот – 109,0-111,0, подвижный фосфор – 133,0-149,0, подвижный калий – 127,0-140,0 мг на кг почвы, рН_{с_л} 5,32-5,51, гидролитическая кислотность – 4,85-5,57 мг-экв. на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 34,4-36,2 мг-экв. на 100 г почвы.

Результаты исследований и их обсуждение

Агрохимический анализ навозосодержащих отходов, хранящихся в помехранилище ООО «ПензаМолИнвест» (площадка Нижнеломовский район, Пензенская область) говорит о различиях в химическом составе помета на разных площадках. Анализ полученных данных показывает, что доля общего азота в сухой массе помета составляла от 2,57 до 4,13 %, фосфора – от 2,17 до 4,28 %, калия – от 2,04 до 4,41 %, влажность от 48,0 до 63,2 %, содержание органического вещества от 37,3 до 43,1 %, зольность от 13,8 до 27,4 %, рН – от 6,7-8,7 ед. Различия в химическом составе в основном обусловлены разным сроком хранения в помехранилище, сезонным кормлением и возрастом птицы. Прослеживается четкая тенденция снижения содержания общего азота при увеличении срока хранения помета на открытых площадках.

Таблица 2 – Количество питательных веществ, внесенных с пометом, кг/га

Наименование показателя	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Средние значения за три года
Доза внесения 5 т/га				
Азот	86,4	83,0	86,0	85,1
Фосфор	67,2	62,4	83,8	71,1
Калий	92,4	82,7	91,1	88,7
Доза внесения 10 т/га				
Азот	172,8	165,9	172,0	170,3
Фосфор	134,4	124,7	167,7	142,3
Калий	184,8	165,4	182,3	177,5
Доза внесения 15 т/га				
Азот	259,2	248,9	258,1	255,4
Фосфор	201,6	187,1	251,5	213,4
Калий	277,2	248,1	273,4	266,2
Доза внесения 20 т/га				
Азот	345,6	331,9	344,1	340,5
Фосфор	268,8	249,4	335,3	284,5
Калий	369,6	330,9	364,5	355,0
Доза внесения 25 т/га				
Азот	432,0	414,8	430,1	425,6
Фосфор	336,0	311,8	419,2	355,6
Калий	462,0	413,6	455,6	443,7
Доза внесения 30 т/га				
Азот	518,4	497,8	516,1	510,8
Фосфор	403,2	374,1	503,0	426,8
Калий	554,4	496,3	546,8	532,5



Как показали исследования, урожайность озимой пшеницы формировалась в основном за счет растений, сохранившихся к уборке, продуктивной кустистости, количества и массы зерен с колоса.

Анализ снопового материала, отобранного с делянок опыта, говорит об увеличении количества продуктивных стеблей при повышении дозы помета до 25 т/га. При дозе 30 т/га наметилось снижение числа продуктивных стеблей, хотя по сравнению с контрольным вариантом их количество было выше на 113 шт., что составляет 34,5 %. Разные дозы помета увеличивали количество продуктивных стеблей от 10 до 116 шт., при наибольшем значении с дозой помета 25 т/га. На фоне применения инокуляции семян число продуктивных стеблей увеличилось от 10 до 122 шт., что составляет от 3,0 до 37,2 %. На этом фоне также отмечено наибольшее количество продуктивных стеблей на варианте с дозой помета 25 т/га. В среднем по разным дозам индюшиного помета за счет инокуляции семян микробиологическими препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит» количество продуктивных стеблей на 1 м² увеличилось на 5 шт., что

составляет 1,3 % (табл. 3).

Анализ данных по определению структуры урожайности озимой пшеницы показывает, что на фоне применения разных доз помета увеличивается количество зерен в колосе и масса зерна с 1 колоса. Количество зерен в колосе увеличивалось с повышением дозы помета до 25 т/га. Увеличение составило от 2,0 до 6,4 шт., что составляет 8,3-26,7 % по отношению к контролю. При увеличении дозы помета до 30 т/га наблюдали снижение количество зерен с колоса по сравнению с дозой 25 т/га, в то же время отмечено увеличение по отношению к контролю на 5,7 шт. или 23,8 %.

По фону инокуляции семян количество зерен с колоса составило от 24,7 до 30,7 шт. Наибольшее количество отмечено на вариантах с дозами от 20 до 30 т/га. Увеличение на этих вариантах по сравнению с абсолютным контролем составило 6,1-6,7 зерен или 25,4-27,9 %. Инокуляция семян препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит» в среднем по изучаемым дозам индюшиного помета позволила повысить количество зерен с колоса на 2,7 %.

Таблица 3 – Элементы структуры урожайности озимой пшеницы в зависимости от доз применения индюшиного помета и микробиологических препаратов

Вариант	Количество продуктивных стеблей на 1 м ² , шт.		Количество зерен в колосе, шт.		Масса зерна с одного колоса, г	
	No-biopreparat*	N-vit + P-vit**	No-biopreparat	N-vit + P-vit	No-biopreparat	N-vit + P-vit
Контроль	324	328	24,0	24,7	0,88	0,92
ИП1, 5 т/га	334	334	26,0	27,4	1,01	1,08
ИП2, 10 т/га	387	397	28,4	29,5	1,11	1,16
ИП3, 15 т/га	412	421	28,8	29,6	1,13	1,19
ИП4, 20 т/га	432	432	29,5	30,1	1,17	1,22
ИП5, 25 т/га	440	446	30,4	30,7	1,21	1,20
ИП6, 30 т/га	437	445	29,7	30,2	1,18	1,19
<i>Среднее по фону</i>	<i>395</i>	<i>400</i>	<i>28,1</i>	<i>28,9</i>	<i>1,10</i>	<i>1,14</i>
<i>HCP₀₅</i>						
<i>Фактор А</i>	7,2		1,1		0,11	
<i>Фактор В</i>	3,1		0,7		0,04	
<i>Взаимодействие А+В</i>	8,8		1,7		0,15	

* – No-biopreparat – без микробиологических препаратов

** – N-vit + P-vit – инокуляция семян «Азотовит» + «Фосфатовит» в дозе по 2 л/т семян

Масса зерна с колоса изменялась аналогично количеству зерен в колосе. Наибольший вес зерен с колоса отмечен при использовании дозы помета 25 т/га, при этом масса зерна увеличилась на 0,33 г или на 37,1 %. На фоне инокуляции семян микробиологическими препаратами при разных дозах индюшиного помета масса зерна с колоса повысилась на 0,20-0,34 г по сравнению с абсолютным контролем, что позволило увеличить данный показатель на 22,5-39,0 %. Наибольший вес зерна при этом достигнут на варианте с дозой по-

мета 20 т/га.

Результаты по определению массы 1000 зерен говорят об ее увеличении на вариантах с индюшиным пометом на 2,0-3,0 г или на 5,5-8,2 % по сравнению с контролем. На вариантах с дозами от 10 до 30 т/га помета масса 1000 зерен была в диапазоне от 39,1 до 39,7 г. На фоне инокуляции семян микробиологическими препаратами масса 1000 зерен составляла от 39,3 до 40,6 г. Увеличение к абсолютному контролю составило 7,2-10,7 % или на 2,6-3,9 г (табл. 4).



Таблица 4 – Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от доз применения индюшиного помета и микробиологических препаратов

Вариант	Масса 1000 зерен, г		Урожайность зерна, т/га		Прибавка от одной тонны помета, кг/т	
	No-biopreparat*	N-vit + P-vit**	No-biopreparat	N-vit + P-vit	No-biopreparat	N-vit + P-vit
Контроль	36,7	37,1	2,86	3,01		
ИП1, 5 т/га	38,7	39,3	3,36	3,60	100,7	147,3
ИП2, 10 т/га	39,2	39,4	4,31	4,62	145,0	175,9
ИП3, 15 т/га	39,1	40,1	4,64	5,00	119,0	142,5
ИП4, 20 т/га	39,5	40,6	5,04	5,28	108,9	121,1
ИП5, 25 т/га	39,7	39,1	5,31	5,35	98,0	99,7
ИП6, 30 т/га	39,6	39,4	5,14	5,29	76,1	81,1
<i>Среднее по фону</i>	<i>39,0</i>	<i>39,3</i>	<i>4,38</i>	<i>4,59</i>	<i>108,0</i>	<i>128,0</i>
<i>НСР₀₅</i>						
<i>Фактор А</i>	<i>1,4</i>		<i>0,25</i>			
<i>Фактор В</i>	<i>0,6</i>		<i>0,11</i>			
<i>Взаимодействие А+В</i>	<i>1,9</i>		<i>0,31</i>			

* – No-biopreparat – без микробиологических препаратов

** – N-vit + P-vit – инокуляция семян «Азотовит» + «Фосфатовит» в дозе по 2 л/т семян

Урожайность зерна озимой пшеницы от разных доз внесения индюшиного помета в среднем за три года исследований сформировалась на уровне 2,86-5,35 т/га. Дозы помета от 5 до 30 т/га без применения микробиологических препаратов повысили урожайность зерна озимой пшеницы на 0,50-2,45 т/га, максимальная урожайность отмечена на варианте с дозой помета 25 т/га. Применение доз помета от 10 т/га до 30 т/га позволили получить прибавки более 50 % по отношению к контролю. Прибавки на этих вариантах составили от 50,6 до 85,7 % по сравнению с контрольным вариантом (табл. 4).

Инокуляция семян микробиологическими препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит» повысила урожайность зерна на вариантах с разными дозами помета на 0,74-2,49 т/га или 25,9-87,2 % по отношению к абсолютному контролю. Микробиологические препараты позволили повысить эффективность изучаемых доз помета в среднем по фону на 4,9 %.

Сопоставляя данные по урожайности зерна и количеству внесенного помета, определили отдачу используемых доз. Так прибавки зерна от одной тонны помета при разных дозах составили от 76,1 до 145,0 кг/т. Наибольшая отдача от внесения помета получена при дозе 10 т/га. Инокуляция семян позволила увеличить прибавки от одной тонны помета от 81,1 до 175,9 кг/т. В целом по фону применения инокуляции семян микробиологическими препаратами прибавка от одной тонны помета увеличилась на 20 кг. Отмечается снижение отдачи от одной тонны помета при повышении дозы внесения более 10 т/га помета. При этом видно четкую тенденцию к снижению прибавки от 145,0 до 76,1 кг/т при повышении дозы помета от

10 до 30 т/га. Данная тенденция проявляется и на фоне инокуляции семян микробиологическими препаратами.

Заключение

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что повышение урожайности зерна озимой пшеницы с увеличением дозы помета от 5 до 30 т/га связано с повышением продуктивной кустиности от 3,01 до 37,6 %, с увеличением количества зерен колосе от 8,3 до 27,9 %, массы зерна с колоса от 14,7 до 38,6 %, и массы 1000 зерен от 5,4 до 10,6 %. При этом отмечено повышение показателей при увеличении доз помета до 25 т/га. Наибольшая урожайность озимой пшеницы получена на варианте с дозой помета 25 т/га, как на фоне без применения микробиологических препаратов, так и на фоне инокуляции семян микробиологическими препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит» с прибавками до 85 % по отношению к контролю, а наибольшая отдача от внесенных доз помета отмечена на варианте с дозой помета 10 т/га. Это объясняется тем, что элементы питания с внесенным пометом расходуются постепенно в период осенней вегетации и в период весенне-летней вегетации, которые привели к повышению изучаемых показателей и в целом урожайности зерна.

Список источников

- Кузин, Е.Н. Изменение плодородия почв: монография / Е.Н. Кузин, А.Н. Арефьев, Е.Е. Кузина. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – 266 с.
- Очкина, Н.С. Влияние известковых материалов и их сочетаний с птичьим пометом на плодородие чернозема выщелоченного / Н.С. Очкина, А.Н. Арефьев, Е.Н. Кузин, Е.Е. Кузина // Нива Поволжья. – 2023. – № 1 (65). – С. 1011.
- Беззубцев, А.В. Использование птичьего



помета в земледелии Омской области / А.В. Беззубцев, А.Г. Шмидт // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 10. – С. 17-18.

4. Чекаев, Н.П. Отходы птицеводства в качестве удобрений: экологически безопасно и эффективно / Н.П. Чекаев, А.Ю. Кузнецов, Т.А. Власова [и др.] // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – № 5 (27). – С. 130-134.

5. Chekaev N., Blinokhvatova Yu., Novichkov S. Evaluation of the nitrogen regime of chernozem leached under the action of different doses of turkey waste application. Scientific Papers. Series A. Agronomy. 2022, T. 65, № 1. – С. 46-50.

6. Arefiev, A. Orming of cropping capacity against the background of effect and aftereffect of diatomaceous earth and poultry manure / A. Arefiev, E. Kuzina, K. Kowalskiy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. – Krasnoyarsk. – 2021. – С. 22002.

7. Попов, Г.Н. Состав, свойства и специфика воздействия птичьего помета на плодородие темно-каштановой почвы / Г.Н. Попов, А.Н. Данилов, В.П. Белоголовцев, А.В. Летучий // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 5. – С. 43-47.

8. Каменев, Р.А. Проблемы использования птичьего помета в земледелии Ростовской области и пути их решения / Р.А. Каменев // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 6. – С. 44-47.

9. Арефьев, А.Н. Влияние известковых материалов и их сочетаний с птичьим пометом на кислотность чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур / А.Н. Арефьев, Н.С. Очки-на // Сурский вестник. – 2023. – № 2 (22). – С. 3-8.

10. Байбенков, Р.Ф., Седых В.А., Поветкина Н.Л., Ермаков А.А. Влияние высоких доз птичьего помета на изменение калийного состояния дерново-подзолистых почв / Р.Ф. Байбенков, В.А. Седых, Н.Л. По-веткина, А.А. Ермаков // Плодородие. – 2012. – № 3. – С. 24-25.

11. Арефьев, А.Н. Влияние кремнийсодержащей агроруды и птичьего помета на продуктивность сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции / А.Н. Арефьев // Матери-

алы XVIII международной научной конференции «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Брянский ГАУ, 2021. – С. 9-15.

12. Бобренко, И.А. Управление питанием картофеля на основе использования бесподстильного птичьего помета в лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, О.А. Матвейчик, В.П. Кормин // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (39). – С. 5-13.

13. Kovalsky, K.Y. Effect of diatomite and poultry manure on the physicochemical properties of gray forest soils and crop productivity / K.Y. Kovalsky, A.N. Arefiev, E.N. Kuzin, E.E. Kuzina // Volga Region Farmland. – 2022. – № 1 (12). – С. 1005.

14. Шмидт, А.Г. Оптимизация применения птичьего помета под яровую пшеницу в лесостепи Западной Сибири / А.Г. Шмидт, И.А. Бобренко, Н.К. Трубина, Н.В. Гоман // Плодородие. – 2019. – № (111) – С. 50-52.

15. Иванов А.А. Получение и применение биоудобрения на основе птичьего помета / А.А. Иванов, Л.Е. Матросова, М.Я. Трemasов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 4. – С. 28-30.

16. Люлин, Д.А. Влияние последействия диатомита и повторного внесения птичьего помета на элементы структуры урожая озимой пшеницы / Д.А. Люлин, А.Н. Арефьев // Сборник статей XVII Между-народной научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы». – Пенза: ПГАУ, 2022. – С. 145-148.

17. Barnossi, A. Microbiological study of effects of solid organic waste (chicken droppings and sheep manure) decomposed in the soil used for Pisum sativum cultivation / A. Barnossi, H. Saghrouchni, F. Mous-said, Chahmi, N., A.I. Housseini // International Journal of Environmental Studies. – Volume 77, Issue 5, 2 September 2020. – Pages 830-842.

18. Kantikowati, E. Chicken manure and biofertilizer for increasing growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) of Granola varieties / E. Kantikowati, Karya, Y. Yusdian, C. Suryani // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Volume 393, Issue 1, 31 December 2019. – Номер статьи 012017. DOI: 10.1088/1755-1315/393/1/012017.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Kuzin, E.N. *Izmenenie plodorodiya pochv: monografiya* / E.N. Kuzin, A.N. Aref'ev, E.E. Kuzina. – Penza: RIO PGSKHA, 2013. – 266 s.

2. Ochkina, N.S. *Vliyanie izvestkovykh materialov i ih sochetanij s ptich'im pometom na plodorodie chernozema vyshchelochennogo* / N.S. Ochkina, A.N. Aref'ev, E.N. Kuzin, E.E. Kuzina // *Niva Povolzh'ya*. – 2023. – № 1 (65). – S. 1011.

3. Bezzubcev, A.V. *Ispol'zovanie ptich'ego pometa v zemledelii Omskoj oblasti* / A.V. Bezzubcev, A.G. SHmidt // *Dostizheniya nauki i tekhniki AПК*. – 2013. – № 10. – S. 17-18.

4. Chekaev, N.P. *Othody pticevodstva v kachestve udobrenij: ekologicheski bezопасno i effektivno* / N.P. Chekaev, A.YU. Kuznecov, T.A. Vlasova [i dr.] // *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*. – 2015. – № 5 (27). – S. 130-134.



5. Chekaev N., Blinokhvatova Yu., Novichkov S. Evaluation of the nitrogen regime of chernozem leached under the action of different doses of turkey waste application. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022, T. 65, № 1. – S. 46-50.
6. Arefiev, A. Orming of cropping capacity against the background of effect and aftereffect of diatomaceous earth and poultry manure / A. Arefiev, E. Kuzina, K. Kowalskiy // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering*. – Krasnoyarsk. – 2021. – S. 22002.
7. Popov, G.N. Sostav, svojstva i specifika vozdejstviya ptich'ego pometa na plodorodie temno-kashtanovoj pochvy / G.N. Popov, A.N. Danilov, V.P. Belogolovcev, A.V. Letuchij // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. – 2019. – № 5. – S. 43-47.
8. Kamenev, R.A. Problemy ispol'zovaniya ptich'ego pometa v zemledelii Rostovskoj oblasti i puti ih resheniya / R.A. Kamenev // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. – 2013. – № 6. – S. 44-47.
9. Aref'ev, A.N. Vliyanie izvestkovykh materialov i ih sochetanij s ptich'im pometom na kislotnost' chernozema vyshchelochennogo i urozhajnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur / A.N. Aref'ev, N.S. Ochkina // *Surskij vestnik*. – 2023. – № 2 (22). – S. 3-8.
10. Bajbenkov, R.F., Sedyh V.A., Povetkina N.L., Ermakov A.A. Vliyanie vysokih doz ptich'ego pometa na izmenenie kalijnogo sostoyaniya dernovo-podzolistykh pochv / R.F. Bajbenkov, V.A. Sedyh, N.L. Povetkina, A.A. Ermakov // *Plodorodie*. – 2012. – № 3. – S. 24-25.
11. Aref'ev, A.N. Vliyanie kremnijsoderzhashchej agrorudy i ptich'ego pometa na produktivnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur i kachestvo rastenievodcheskoj produkcii / A.N. Aref'ev // *Materialy XVIII mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Agroekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitiya APK»*. – Bryansk: Bryanskij GAU, 2021. – S. 9-15.
12. Bobrenko, I.A. Upravlenie pitaniem kartofelya na osnove ispol'zovaniya bespodstilochnogo ptich'ego pometa v lesostepi Zapadnoj Sibiri / I.A. Bobrenko, O.A. Matvejchik, V.P. Kormin // *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2020. – № 3 (39). – S. 5-13.
13. Kovalsky, K.Y. Effect of diatomite and poultry manure on the physicochemical properties of gray forest soils and crop productivity / K.Y. Kovalsky, A.N. Arefiev, E.N. Kuzin, E.E. Kuzina // *Volga Region Farmland*. – 2022. – № 1 (12). – S. 1005.
14. SHmidt, A.G. Optimizaciya primeneniya ptich'ego pometa pod yarovuyu pshenicu v lesostepi Zapadnoj Sibiri / A.G. SHmidt, I.A. Bobrenko, N.K. Trubina, N.V. Goman // *Plodorodie*. – 2019. – № (111) – S. 50-52.
15. Ivanov A.A. Poluchenie i primeneniye bioudobreniya na osnove ptich'ego pometa / A.A. Ivanov, L.E. Ma-trosova, M.YA. Tremasov // *Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennykh nauk*. – 2013. – № 4. – S. 28-30.
16. Lyulin, D.A. Vliyanie posledejstviya diatomita i povtornogo vneseniya ptich'ego pometa na elementy struktury urozhaya ozimoj pshenicy / D.A. Lyulin, A.N. Aref'ev // *Sbornik statej XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Agropromyshlennyj kompleks: sostoyanie, problemy, perspektivy»*. – Penza: PGAU, 2022. – S. 145-148.
17. Barnossi, A. Microbiological study of effects of solid organic waste (chicken droppings and sheep manure) decomposed in the soil used for *Pisum sativum* cultivation / A. Barnossi, H. Saghrouchni, F. Mousaid, Chahmi, N., A.I. Housseini // *International Journal of Environmental Studies*. – Volume 77, Issue 5, 2 September 2020. – Pages 830-842.
18. Kantikowati, E. Chicken manure and biofertilizer for increasing growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) of Granola varieties / E. Kantikowati, Karya, Y. Yusdian, C. Suryani // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – Volume 393, Issue 1, 31 December 2019. – Nomer stat'i 012017. DOI: 10.1088/1755-1315/393/1/012017.

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

Каташов Эдуард Николаевич, соискатель ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, e.katashov@mcs.pnzreg.ru
Кухарев Олег Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры управления, экономики и права ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, kucharev.o.n@pgau.ru

Арефьев Александр Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры почвоведения, агрохимии и химии ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, arefiev.a.n@pgau.ru

Чекаев Николай Петрович, канд. с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой почвоведения, агрохимии и химии ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, chekaev1975@mail.ru

Author information

Katashov Eduard N., applicant of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Penza State Agrarian University, e.katashov@mcs.pnzreg.ru



Kukharev Oleg N., Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Management, Economics and Law, Penza State Agrarian University, kucharev.o.n@pgau.ru

Arefiev Alexander N., Doctor of Agricultural Sciences Sciences, Professor of the Department of Soil Science, Agrochemistry and Chemistry, Penza State Agrarian University, arefiev.a.n@pgau.ru

Chekaev Nikolay P., Ph.D. Agricultural Sciences, Associate Professor, Head. Department of Soil Science, Agrochemistry and Chemistry, Penza State Agrarian University, chekaev1975@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.10.2023; одобрена после рецензирования 17.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 03.10.2023; approved after reviewing 17.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №4, с. 55-59
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №4, pp. 55-59

Научная статья
УДК 628.381
DOI: 10.36508/RSATU.2023.71.29.008

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ ПРИ РЕАГЕНТНОМ ФРАКЦИОНИРОВАНИИ ЖИДКИХ ОТХОДОВ СВИНОКОМПЛЕКСОВ

Татьяна Андреевна Колесникова ¹✉, Марина Анатольевна Куликова ²

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

¹ tanechka-ko1986@yandex.ru

² my7rysyk@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В статье рассмотрены методы описания процессов коагуляции монодисперсных сред при переработке жидких отходов свиноккомплексов с целью получения органоминерального удобрения. Химическая коагуляция является широко используемым и легко применимым методом обработки таких отходов. Однако этот метод требует оптимизации для повышения эффективности коагуляции при минимизации использования химических веществ.

Методология. При производстве удобрений из жидких отходов свиноккомплексов проводят процессы реагентного фракционирования, при которых происходит укрупнение частиц и выпадение их в виде осадка в результате отстаивания. Время эффективной коагуляции варьируется в зависимости от условий окружающей среды, концентрации реагентов и прочих факторов. Ставится задача определения состояния системы в зависимости от времени при различной плотности жидких отходов, а также определения скорости коагуляции.

Результаты. Для описания происходящих процессов использовались уравнения Смолуховского для пространственно-однородного случая. Индивидуальное и совокупное влияние независимых переменных на желаемые параметры ответа учитывалось при построении математической модели быстрой коагуляции жидких отходов свиноккомплексов после реагентной обработки.

Заключение. Полученные данные можно использовать для определения скорости коагуляции в различные промежутки времени от ее начала, однако необходимо учитывать состав жидких отходов и физические механизмы, вызывающие коагуляцию, описание же системы рассматривать в виде системы кинетических дифференциальных уравнений для более точного определения ядра.

Ключевые слова: жидкие отходы, свиноккомплекс, коагуляция, реагентное фракционирование, математическое описание, органоминеральное удобрение

Для цитирования: Колесникова Т.А., Куликова М.А. Анализ процесса коагуляции при реагентном фракционировании жидких отходов свиноккомплексов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15, № 4, С.55-59 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.71.29.008>

Original article

ANALYSIS OF THE COAGULATION PROCESS DURING REAGENT FRACTIONATION OF LIQUID WASTE FROM PIG FARMS

Tatyana A. Kolesnikova ¹✉, Marina A. Kulikova ²

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

© Колесникова Т.А., Куликова М.А., 2023 г.

¹ tanechka-ko1986@yandex.ru² my7rysyk@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The article discusses methods for describing the processes of coagulation of monodisperse media during the processing of liquid waste from pig farms in order to obtain organomineral fertilizer. Chemical coagulation is a widely used and easily applicable method of treating such waste. However, this method requires optimization to increase the efficiency of coagulation while minimizing the use of chemicals.

Methodology. In the production of fertilizers from liquid waste of pig farms, reagent fractionation processes are carried out, in which particles are enlarged and precipitated as a result of sedimentation. The time of effective coagulation varies depending on environmental conditions, concentration of reagents and other factors. The task is to determine the state of the system depending on time at different densities of liquid waste, as well as to determine the coagulation rate.

Results. Smolukhovskiy equations in the spatially homogeneous case were used to describe the processes taking place. The individual and cumulative influence of independent variables on the desired response parameters was used to construct a mathematical model of rapid coagulation of liquid pig waste after reagent treatment.

Conclusion. The obtained data can be used to determine the rate of coagulation at various intervals from its beginning, however, it is necessary to take into account the composition of liquid waste and the physical mechanisms that cause coagulation, while the description of the system should be considered in the form of a system of kinetic differential equations for a more accurate definition of the core.

Key words: liquid waste, pig complex, coagulation, reagent fractionation, mathematical description, organomineral fertilizer

For citation: Kolesnikova T.A., Kulikova M.A. Analysis of the coagulation process during Reagent Fractionation of liquid waste from pig farms // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023, Vol.15, N.4, P 55-59. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.71.29.008>

Введение

Жидкие отходы, получаемые в результате интенсивного животноводства, оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Соединения азота и фосфора в отходах свинокомплексов загрязняют почву и водоемы. Хранящиеся жидкие отходы выделяют запах, в первую очередь из-за анаэробного разложения белков. Отходы свинокомплексов представляют собой смесь фекалий, мочи и воды. Прежде чем их можно будет обработать и утилизировать, отходы необходимо разделить на твердую и жидкую фракции. При должной обработке данные отходы становятся пригодными для внесения в почву в качестве удобрений [1,2]. Были проведены обширные исследования для оценки эффективности различных технологий разделения в лабораторных или полупромышленных условиях, лишь некоторые из них способны обеспечить полное разделение. Многие методы разделения жидких отходов свинокомплексов влияют на характеристики азота в получаемых жидких и твердых фракциях, что может изменить его потенциальную доступность для растений. Самая простая технология – физическое разделение – позволяет удалить до 80 % общего количества твердых веществ. Современные процессы разделения имеют некоторые ограничения, такие как высокие инвестиции и стоимость переработки. Для рационального выбора способа обработки навоза необходимы научно обоснованные результаты по эффективности разделения и удобрительной ценности получаемых продуктов [3]. При механическом разделении жидких отходов свинокомплексов мелкие частицы разлагаются быстрее, чем крупные частицы, и большая часть восстановленных соединений углерода, белка и питатель-

ных элементов содержится в мелких частицах. Поскольку эти соединения являются источником образования запаха и переносчиками органического азота и фосфора, рекомендуется внедрять процессы разделения твердой и жидкой фаз так, чтобы удалять как крупные частицы отходов, так и частицы размером менее 0,25 мм, чтобы значительно уменьшить как образование запаха, так и содержание питательных веществ. Для удаления мелких частиц и растворенного фосфора могут потребоваться химические реагенты. Широкое распространение получило разделение с помощью физико-химической обработки с последующей коагуляцией и седиментацией [4-6]. Химическая коагуляция является широко используемым и легко применимым методом обработки таких отходов. Однако этот метод требует оптимизации для повышения эффективности коагуляции при минимизации использования химических веществ.

Материалы и методы исследования

Математический анализ представляет собой эмпирическое моделирование, которое можно использовать для разработки взаимосвязи между факторами процесса и результатами эксперимента. Математические модели с быстрыми аналитическими методами позволяют быстро прогнозировать константы скорости разложения и очень полезны для изучения процесса коагуляции жидких отходов свинокомплексов.

В различных статьях отечественных и зарубежных авторов подробно исследуются теоретические основы коагуляции. Разработаны математические модели, описывающие состояние монодисперсных сред при коагуляции в воздушной и жидкой фазе, которые основаны на работах Смолуховского [7-9]. Например, А.М. Штеренберг и Д.А. Филип-



пов моделируют процессы коагуляции на основе применения систем кинетических дифференциальных нелинейных уравнений, а В.А. Галкин подробно разобрал случаи решений уравнения Смолуховского при различных начальных условиях. Reihard Lang и Nguen Xuan Xanh в своей работе «Smoluchovski's Theory of Coagulation in Colloids Holds Rigorously in the Boltzmann-Grad-Limit» сформулировали и доказали несколько ключевых теорем, которые дают углубленное понимание поведения дисперсной системы при коагуляции. Все выше перечисленные работы основаны на базовой теории ДЛФО (агрегативной устойчивости лиофобных дисперсных систем).

Однако ни в одной из современных работ детально не исследовано поведение полидисперсных систем жидких фракционированных органических отходов, состоящих из веществ в различной концентрации при отстаивании и перемешивании. Исследование процессов коагуляции в подобных системах поможет более подробно описать поведение частиц, теоретически определять состояние системы в различные моменты времени при различных начальных условиях.

Результаты исследований и их обсуждение

Для описания происходящих процессов оттачивались от уравнения Смолуховского в пространственно-однородном случае. Индивидуальное и совокупное влияние независимых переменных на желаемые параметры ответа использовалось для построения математической модели. Будем считать, что все сталкивающиеся частицы будут укрупняться. В этом случае уравнение Смолуховского будет принимать следующий вид:

$$u(x, t) = \frac{1}{\left(1 + \frac{t}{2}\right)^2} \exp, \tag{1}$$

где t – время;
x – число частиц.

Однако, если в системе будет присутствовать постоянный источник частиц, с сохранением интенсивности коагуляции, то получится следующая задача Коши:

$$\frac{\partial \varphi(m, t)}{\partial t} = -\varphi(m, t) \int_0^\infty \varphi(m_1, t) dm_1 + q(m_1),$$

$$\varphi(m, 0) = \varphi_0 = 0. \tag{2}$$

Отсутствие решения в этом случае было до-

казано в [7]. В дальнейшем будем считать, что система имеет конечное число частиц N и стремится к укрупнению всех частиц внутри системы с дальнейшим выпадением в осадок. Существуют и другие случаи, в которых будут решения, например, в случае ограниченного ядра (функции, которая определяется конкретным видом физического механизма, вызывающего коагуляцию $\varphi(t)$) существование классического решения было доказано в [10], а при условии, что ядро возрастает не быстрее, чем линейно по своим аргументам в [9,11].

Рассмотрим классический случай и сравним с экспериментальными данными. Обозначим через N_m концентрацию агрегатов, содержащих m частиц:

$$\frac{dN_m}{dt} = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{m-1} \varphi_0 n_l n_{m-l} - \sum_{j=1}^\infty \varphi_0 n_m n_j \tag{3}$$

Для быстрой коагуляции можем предположить:

$$\varphi_0 = \frac{8k_b T}{3\eta} \tag{4}$$

где k_b – постоянная Больцмана;
T – температура;
 η – вязкость.

Важно отметить, что ядро стационарно и не зависит от массы и размера частиц. Точное решение системы уравнений будет иметь вид:

$$N_m = \frac{n_0 \left(\frac{t}{\tau_0}\right)^{m-1}}{\left(1 + \frac{t}{\tau_0}\right)^{m+1}} \tag{5}$$

где n_0 – начальная концентрация частиц;
 τ_0 – время половинной коагуляции по Смолуховскому

$$\tau_0 = \frac{3\eta}{8n_0 k_b T} \tag{6}$$

Значения экспериментальных и расчетных скоростей коагуляции при различных плотностях жидких отходов представлены в таблице.

На основе экспериментальных данных [1,2] построим зависимость концентрации частиц от времени и плотности жидких отходов. Результаты расчёта приведены на рисунке.

Таблица – Значения экспериментальных и расчетных скоростей коагуляции при различных плотностях жидких отходов

Плотность жидких отходов, мг/м ³	Скорость коагуляции через время t от начала коагуляции											
	1мин (10 ¹³)		2мин (10 ¹²)		4мин (10 ¹¹)		6мин(10 ¹¹)		8мин(10 ¹¹)		10мин(10 ¹⁰)	
	Эксперим.	расчетная	Эксперим.	расчетная	Эксперим.	расчетная	Эксперим.	расчетная	Эксперим.	расчетная	Эксперим.	расчетная
1034,3	0,89	1,05	2,94	2,63	6,57	6,58	3,25	2,83	1,46	1,59	10,12	9,86
1038,4	1,26	1,47	4,09	3,68	10,36	9,21	4,59	3,96	2,12	2,23	15,16	14,2



Продолжение таблицы

1042,4	1,99	2,37	6,46	5,93	14,06	14,82	7,71	6,59	3,42	3,59	23,15	22,98
1046,4	4,38	5,18	14,08	12,94	32,25	32,37	16,69	14,39	8,01	8,09	51,03	50,27
1050,4	7,06	8,47	18,74	21,17	51,47	52,91	25,89	23,52	13,01	13,23	85,28	84,67

Полученные данные можно использовать для определения скорости коагуляции в различные промежутки времени от ее начала.

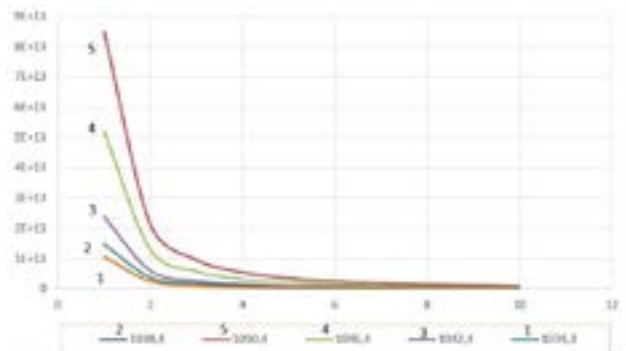


Рис. – Результаты теоретического расчёта скорости коагуляции жидких отходов в зависимости от плотности

Fig. - Results of theoretical calculation of the coagulation rate of liquid waste depending on their density

Полученные результаты значительно разнятся с экспериментальными данными, в первую очередь из-за отсутствия учета механизмов замедления коагуляции, а также взаимодействия между различными соединениями полезных компонентов азота, калия и фосфора. Так, при плотности 1050,4 мг/м³ через 2 мин после начала коагуляции расчетная скорость коагуляции выше в 1,2 раза, чем экспериментальная, полученная в лабораторных условиях. А через 6 мин эта же скорость ниже экспериментальной в 1,1 раза. В первую очередь необходимо уточнить состав жидких отходов и физические механизмы, вызывающие коагуляцию, описание же системы рассмотреть в виде системы кинетических дифференциальных уравнений, для более точного определения ядра. Выводы по теории коагуляции изложены в рамках теории ДЛФО, где можно уточнить взаимодействие молекул и рассчитать энергию взаимодействия в потенциальных минимумах и максимумах.

Заключение

Математическая модель, построенная на основе классического уравнения Смолуховского, позволяет рассчитать скорость коагуляции в системе с конечным числом частиц и эффективностью коагуляции, равной 1, т.е. где все столкновения приводят к укрупнению частиц. Сходимость полученных расчетных результатов с экспериментальными составляет 80-85 %. Однако же в реальности возникают физические механизмы, снижающие эффективность коагуляции из-за возникновения потенциальных барьеров при взаимодействии частиц. Эти факторы приводят к необходимости усложнения математической модели и постро-

ения системы дифференциальных уравнений, учитывающих эффективность коагуляции, размер частиц, физические механизмы и условия протекания эксперимента. В последующих исследованиях планируется построение математической модели всего процесса реагентного фракционирования жидких отходов свиноккомплекса, включая описанную модель стадии коагуляции, с учетом вышеуказанных факторов.

Список источников

1. Kolesnikova, T., Kulikova, M. et al. Ammophos efficiency application for treatment highly concentrated by biogenic elements wastes of agro-industrial complexes // *EurAsian Journal of BioSciences*. – 2020. - №579.- DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032108
2. Gribut, E., Kulikova, M. et al. Research of the oxalic acid effectiveness in the treatment of biodegradable organic waste from livestock complexes // *EurAsian Journal of BioSciences*. – 2020. Т. 14. № 1. С. 575-579.- DOI:10.1088/1755-1315/677/3/032108
3. Pantelopoulos, A., Aronsson, H. Two-stage separation and acidification of pig slurry – Nutrient separation efficiency and agronomical implications // *Journal of Environmental Management*. - Vol. 280, 15 February 2021, 111653- DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111653
4. Makara, A., Kowalski, Z. Selection of pig manure management strategies: Case study of Polish farms // *Journal of Cleaner Production*.-2018. P.187-195.- DOI:10.1016/j.jclepro.2017.10.095
5. Figueiro, D., Bichana, A. et al. Effects of cattle-slurry treatment by acidification and separation on nitrogen dynamics and global warming potential after surface application to an acidic soil // *Journal of Environmental Management*.-2015.-№162.-P.1-8.- DOI:10.1016/j.jenvman.2015.07.032
6. Arachchige, T., Kasun, O. et al. Response surface optimization of chemical coagulation for solid-liquid separation of dairy manure slurry through Box-Behnken design with desirability function // *Heliyon* 24 June 2023, DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e17632
7. Lang, R., Xanh, N. Smoluchowski's theory of coagulation in colloids holds rigorously in the Boltzmann-Grad-limit // *Zeitschrift für Wahrscheinlichkeitstheorie und Verwandte Gebiete* volume 54, pages227–280 (1980)
8. Штеренберг, А., Филиппов, Д. Моделирование процессов коагуляции на основе применения систем кинетических дифференциальных нелинейных уравнений, Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 42, СамГТУ, Самара, -2006, С.-207–209.- DOI: 10.14498/vsgtu440
9. Галкин, В. О существовании и единственности решения уравнения коагуляции // *Дифференциальные уравнения*.-1977.- т. 13, № 8, с. 1460-1470.



10. Melzak ,A. A scalar transport education // решения уравнения коагуляции // Дифференциальные уравнения.-1978- т. 14, № 10, с. 1863-1874.
 Trans. Amer. Math. Soc.- 1957.- Vol. 85, p. 547-566.
11. Галкин,В. Об устойчивости и стабилизации

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Kolesnikova, T., Kulikova, M. et al. Ammophos efficiency application for treatment highly concentrated by biogenic elements wastes of agro-industrial complexes // *EurAsian Journal of BioSciences.* – 2020. - Т. 14. № 1. С. 829-834.- DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032108
2. Gribut, E., Kulikova, M. et al. Research of the oxalic acid effectiveness in the treatment of biodegradable organic waste from livestock complexes // *EurAsian Journal of BioSciences.* – 2020. Т. 14. № 1. С. 575-579.- DOI:10.1088/1755-1315/677/3/032108
3. Pantelopoulos, A., Aronsson, H. Two-stage separation and acidification of pig slurry – Nutrient separation efficiency and agronomical implications// *Journal of Environmental Management.* - Vol. 280, 15 February 2021, 111653- DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111653
4. Makara, A., Kowalski, Z. Selection of pig manure management strategies: Case study of Polish farms// *Journal of Cleaner Production.*-2018. P.187-195.- DOI:10.1016/j.jclepro.2017.10.095
5. Fanguero, D., Bichana, A. et al. Effects of cattle-slurry treatment by acidification and separation on nitrogen dynamics and global warming potential after surface application to an acidic soil // *Journal of Environmental Management.* -2015.-№162.-P.1-8.- DOI:10.1016/j.jenvman.2015.07.032
6. Arachchige, T., Kasun, O. et al. Response surface optimization of chemical coagulation for solid–liquid separation of dairy manure slurry through Box–Behnken design with desirability function // *Heliyon* 24 June 2023, DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e17632
7. Lang, R., Xan, N. Smoluchowski's theory of coagulation in colloids holds rigorously in the Boltzmann-Grad-limit // *Zeitschrift für Wahrscheinlichkeitstheorie und Verwandte Gebiete* volume 54, pages 227–280 (1980)
8. Shterenberg, A., Filippov, D. Modelirovanie processov koagulyacii na osnove primeneniya sistem kineticheskikh differencial'nyh nelinejnyh uravnenij, *Vestn. Sam. gos. tekhn. un-ta. Ser. Fiz.-mat. nauki*, 42, SamGTU, Samara, -2006, S.- 207–209.- DOI: 10.14498/vsgtu440
9. Galkin, V. O sushchestvovanii i edinstvennosti resheniya uravneniya koagulyacii // *Differencial'nye uravneniya.*-1977.- t. 13, № 8, s. 1460-1470.
10. Melzak ,A. A scalar transport education // *Trans. Amer. Math. Soc.*- 1957.- Vol. 85, p. 547-566.
11. Galkin, V. Ob ustojchivosti i stabilizacii resheniya uravneniya koagulyacii // *Differencial'nye uravneniya.*-1978- t. 14, № 10, s. 1863-1874.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Колесникова Татьяна Андреевна, ст. препод. кафедры «Экология и промышленная безопасность» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия, tanetchka-ko1986@yandex.ru

Куликова Марина Анатольевна, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия, my7rysyk@mail.ru

Author Information

Kolesnikova Tatyana A., Senior Lecturer, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia, tanetchka-ko1986@yandex.ru

Kulikova Marina A., PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia, my7rysyk@mail.ru

Статья поступила в редакцию 29.09.2023; одобрена после рецензирования 20.10.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 29.09.2023; approved after reviewing 20.10.2023; accepted for publication 12.12.2023.



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК УДК 637.5.04/.07:636.2
DOI: 10.36508/RSATU.2023.13.53.009

**КАЧЕСТВО МЯСА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПОРОД АБЕРДИН-АНГУССКАЯ
И БЛАНК-БЛЮ БЕЛЬЖ**

Александр Сергеевич Пегусов ^{1✉}, **Александр Викторович Востроилов** ²

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

¹ Pegus1995@mail.ru

² Vostroilov.a.v.24@gmail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Мясное скотоводство – одна из главных отраслей сельского хозяйства, целью которого является обеспечение населения страны мясной продукцией. Целью данного исследования является оценка качества мяса бычков пород абердин-ангусской и бланк-блю бельж при выращивании и откорме в условиях беспривязного стойлового содержания промышленного комплекса.

Методология. Исследование было проведено в лабораториях Воронежского Государственного Аграрного Университета имени императора Петра I. г. Воронеж. Объект исследования – бычки крупного рогатого скота пород абердин-ангусская и бланк-блю бельж. Материал для исследования – образцы мяса длиннейшей мышцы спины бычков пород абердин-ангусской и бланк-блю бельж, полученные в результате убоя в 2022 году. Химический и биохимический состав мяса определяли по общепринятым методикам.

Результаты. В результате исследований, направленных на изучение химического и биохимического состава мяса пород абердин-ангусской и бланк-блю бельж, были выявлены существенные отличия по содержанию белка и жира в мясе указанных пород. Биохимический состав показал, что мясо обеих пород является полноценным по основным незаменимым аминокислотам, отвечающим за ценность и качество мяса.

Заключение. Выращивание бычков пород абердин-ангусская и бланк-блю бельж в условиях беспривязного стойлового содержания промышленного комплекса до 20-тимесячного возраста позволяет получить тяжеловесные туши. Мясо бычков породы бланк-блю бельж характеризуется более высоким содержанием влаги, что обуславливается меньшим содержанием жира и более высоким содержанием белков. Высокое содержание белков позволяет интенсивнее удерживать влагу. Для мяса бычков породы абердин-ангусская характерно более низкое содержание влаги по сравнению с бычками бланк-блю бельж, но при этом более высокое содержание жиров.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, бланк-блю бельж, абердин-ангусская, мясная продуктивность, качество мяса, аминокислотный состав

Для цитирования: Пегусов А.С., Востроилов А.В. Качество мяса крупного рогатого скота пород абердин-ангусская и бланк-блю бельж // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №4, С.60-67. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.13.53.009>

Original article

THE QUALITY OF CATTLE MEAT BREEDS ABERDEEN-ANGUS AND BLANK-BLUE BELLE

Alexander S. Pegusov ^{1✉} **Alexander V. Vostroilov** ²

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

¹ Pegus1995@mail.ru

² Vostroilov.a.v.24@gmail.ru

Abstract.

Problem and purpose. Beef cattle breeding are one of the main branches of agriculture, the purpose of which

© Пегусов А.С., Востроилов А.В., 2023 г.



is to provide the population of the country with meat products. The purpose of this study is to assess the quality of meat of Aberdeen-Angus and Blank-blue Belge bull calves during cultivation and fattening in conditions of loose stall maintenance of an industrial complex.

Methodology. The study was conducted in the laboratories of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I. Voronezh. The object of the study is cattle bulls of the Aberdeen-Angus and Blank-blue Belge breeds. The material for the study is meat samples of the longest back muscle of Aberdeen Angus and Blank Blue Belge bulls obtained as a result of slaughter in 2022. The chemical and biochemical composition of meat was determined according to generally accepted methods.

Results. As a result of studies aimed at studying the chemical and biochemical composition of the meat of the Aberdeen-Angus and Blank-blue Belge breeds, significant differences in protein and fat content in the meat of these breeds were revealed. The biochemical composition showed that the meat of both breeds is complete in terms of the main essential amino acids responsible for the value and quality of meat.

Conclusion. The cultivation of bulls of the Aberdeen-Angus and black-blue Belge breeds in the conditions of loose stable maintenance of an industrial complex up to 20 months of age allows you to get heavy carcasses. The meat of bulls of the Blank-blue Belge breed is characterized by a higher moisture content, which is caused by a lower fat content and a higher protein content. A higher protein content allows you to retain moisture more intensively. The meat of the Aberdeen-Angus breed bulls is characterized by a lower moisture content compared to the Blank-blue Belge bulls, but at the same time a higher fat content.

Key words: cattle, blank-blue belge, aberdeen-Angus, meat productivity, meat quality, amino acid composition

For citation: Pegusov A. S., Vostroilov A. V. The quality of cattle meat breeds aberdeen-angus and blank-blue belge // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, N. 4, P.60-67 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.13.53.009>

Введение

Основной отраслью сельскохозяйственного производства является мясное скотоводство. Это связано с тем, что мясо является одним из главных продуктов питания для населения, так как мясо – один из основных источников содержания полноценного белка [3].

Исходя из вышесказанного, главной задачей является обеспечение населения качественным мясом. В этой связи в сельскохозяйственные предприятия Российской Федерации завозятся мясные породы крупного рогатого скота из других стран. В хозяйства Воронежской области в последние 15 лет были завезены такие породы как абердин-ангусская, калмыцкая, казахская белоголовая, лимузинская, бланк-блю бельж и шароле [2].

Так, в ООО СХП «Новомарковское» Кантемировского района были завезены породы крупного рогатого скота бланк-блю бельж и абердин-ангусская, для организации племенных репродукторов.

Порода бланк-блю бельж была известна в Бельгии с XVIII века. Она была создана путем скрещивания местного черно-пестрого молочного скота с быками шортгорн, а в XIX веке ее усовершенствовали путем скрещивания с быками шаролезской породы. Изначально целью создания породы было получение скота комбинированной направленности продуктивности. Однако в дальнейшем селекционный процесс стал смещаться в сторону получения мясного типа скота. В 1960 году была обнаружена мутация, в результате которой мышечная ткань растет на протяжении всей жизни, и внешне имеет ярко выраженную гипертрофию, от чего и появилась современная порода бланк блю бельж как порода специализированного мясного направления продуктивности. Особая ценность мяса от животных данной породы состоит в том, что оно имеет минимальное содержание жира [1].

Абердин-ангусская порода была выведена в

Шотландии в XIX веке. Свое название порода получила от одноименного шотландского графства. В конце XIX века порода была завезена в США в количестве 8,5 тысяч голов, где получила широкое распространение и дальнейшее совершенствование мясных качеств. Внешне абердин-ангусская порода отличается хорошей пропорциональностью, мускулистостью и компактностью. Основной отличительной особенностью абердин-ангусского скота является качество мяса. Цвет яркий и в то же время насыщенный темно-красный. Практически во всех отрубях мясо имеет тонкий слой жира в мускулатуре. Абердин-ангусская порода также является единственной породой, вкусовые качества мяса которой при хранении не ухудшаются, а со временем только усиливаются [4].

Из-за избыточной массы тела конечности этого скота часто отекают. В результате им трудно передвигаться по пастбищу. В связи с этим пастбища должны располагаться недалеко от мест содержания и размещения скота и иметь ровную поверхность, чтобы снизить нагрузку на конечности скота из-за возможных травм [12].

Можно сделать вывод, что населению требуется как диетическое мясо, так и мясо, содержащее в мякотной части равномерные жировые отложения, то есть мраморное мясо. Таким образом, данные породы имеют возможность удовлетворить потребности человека в различных категориях мяса.

Основными показателями качества мяса являются его физические и химические свойства. Оценка мяса осуществляется по таким показателям как: значение pH, водо- и жирудерживающая способность, вязкость, активность воды. pH является одним из основных показателей, который характеризует мясо по его свежести, нежности, упругости (консистенции) и способности к хранению. Способность белков мяса удерживать влагу, называемая влагоудерживающей способностью, зави-



сит от рН мяса и также является характеристикой его свежести. Эти характеристики мяса определяются такими факторами как возраст животного, соотношение воды и жира, глубиной автолитических процессов мяса, условиями замораживания и длительного хранения, способностью белков к набуханию.

Чем больше значения между показателями рН и изоэлектрической точкой, тем выше водосвязывающая способность белков, то есть тем больше групп COOH и NH_2 ионизированы и заряжены. Следовательно, когда животное перед убоем не проходит фазу адаптации, а находится в стрессовом состоянии, процесс автолиза в мясе ускоряется, при этом рН смещается в сторону кислой среды и приближается к изоэлектрической точке в течение 1 часа. Мясо, полученное от такого животного, характеризуется потерей мясного сока, снижением гидротации, а при рН 5,2-5,5 становится водянистым [11].

Следовательно, не только естественные свойства белков оказывают влияние на способность удержания воды ими, но и значения рН среды, а также показания величины изоэлектрической точки.

В связи с чем целью нашей работы явилась оценка качества мяса по физико-химическим свойствам.

Материалы и методы

Исследования проводилось на крупном рогатом скоте пород абердин-ангусская и бланк-блю бельж, завезенных из-за рубежа.

Был проведен сравнительный анализ классового состава стада мясных пород крупного рогатого скота ООО СХП «Новомарковское».

Животные отобраны методом пар-аналогов. Отбор животных в группы проводили с учетом породы, происхождения по отцу, возраста. Все животные находились в идентичных условиях содержания и кормления. Содержание беспривязное, стойловое.

Научно-хозяйственный опыт проводился в течение 20 месяцев.

Контрольный убой бычков проведен при достижении абердин-ангусской породы живой массы $509,67 \pm 14,84$ кг, бланк-блю бельж – $614,08 \pm 7,68$ кг. Для контрольного убоя было отобрано по 3 бычка.

Материалом для оценки качества мяса послужила вырезка длиннейшей мышцы спины данных пород.

Исследования проводились в лабораториях Воронежского Государственного Аграрного Университета имени императора Петра I. Оценка произведена с учетом существующих Гостов: Массовая доля влаги определялась по: «ГОСТ 33319 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги», массовая доля золы определялась по «ГОСТ 31727 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы», массовая доля белка определялась по «ГОСТ 25011 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка», массовая доля жира определялась по «ГОСТ 23042 Мясо и мясные продукты.

Методы определения жира», и методика измерений массовой доли аминокислот – методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель» [6-10]

Органолептические свойства мяса оценивались по внешнему виду.

Цель исследования – получение сравнительных характеристик химических и биохимических показателей мяса длиннейшей мышцы спины бычков породы абердин-ангусская и бланк-блю бельж.

Результаты исследований подверглись анализу.

Собственные исследования

На территории Воронежской области в условиях ООО СХП «Новомарковское» сформированы два племенных стада крупного рогатого скота специализированного мясного направления продуктивности породы бланк-блю бельж и абердин-ангусская. Данное поголовье характеризуется высокими племенными качествами. Так, по результату бонитировки за 2022 год все пробонитированное поголовье двух пород отнесено к чистопородным животным. Животные обеих пород характеризуются высоким классным составом. Так, из 256 голов животных породы бланк-блю бельж 89 голов или 34,8 % отнесено к классу элита-рекорд, 80 голов или 31,3 % – к классу элита и 87 голов или 33,9 % – к I классу. Среди животных породы абердин-ангусская 310 голов или 70,5 % получили комплексный класс элита-рекорд, 62 головы или 14,1 % – комплексный класс элита, и 68 голов – 15,4 % – I класс. Внеклассные животные и животные II класса в стадах отсутствуют.

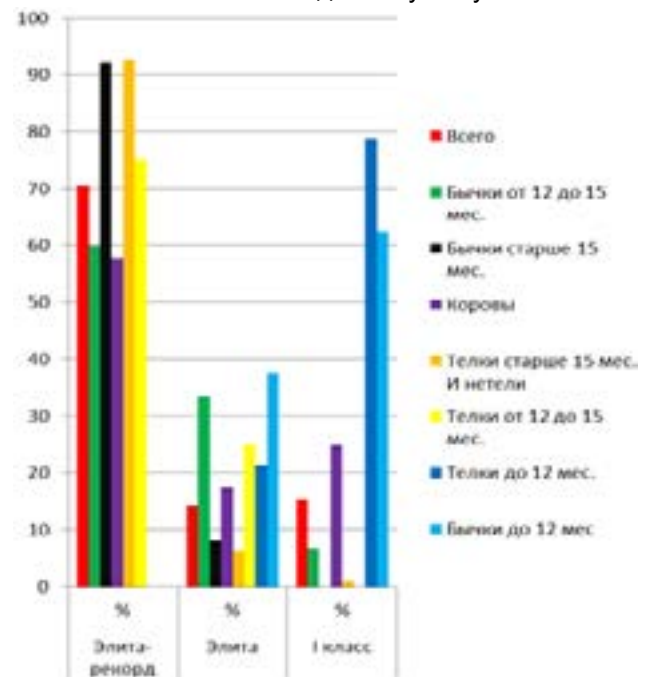


Рис. 1. Классовой состав стада абердин-ангусской породы
Fig. 1. Class composition of the Aberdeen Angus breed herd

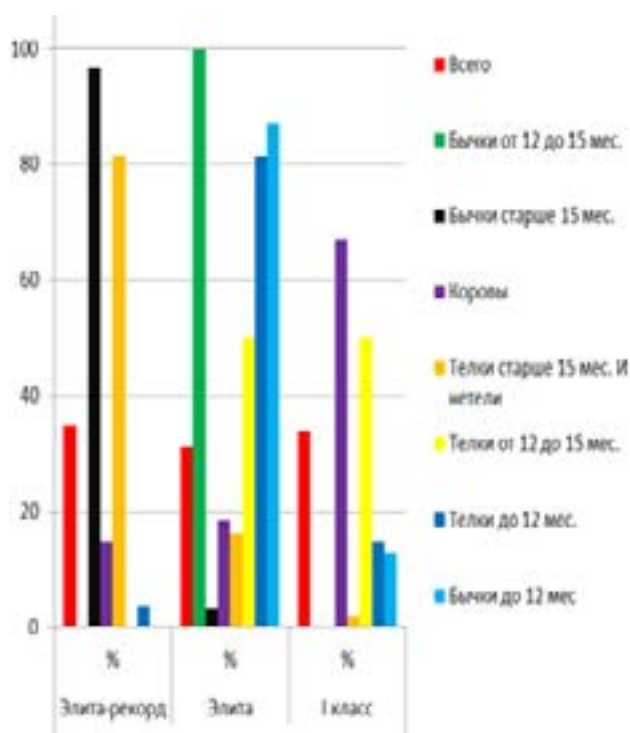


Рис. 2. Классовой состав стада бланк-блю бельж породы

Fig. 2. Class composition of the blank blue Belge breed herd

Средний возраст коров обеих пород на 01.01.2023 года составил 5 лет.

Оценка возрастной динамики роста живой массы коров породы бланк-блю бельж показала, что средняя масса коров данной породы по стаду составило 645 килограммов. При этом живая масса коров в возрасте до двух лет составило 598 килограммов, в возрасте трех лет – 621, в возрасте четырех лет – 647 и в возрасте 5 лет и старше 656 килограммов. Аналогичная динамика возрастных изменений живой массы породы абердин-ангусская составила соответственно 416, 440, 485 и 560 килограммов при средней живой массе по стаду 518 килограммов. Таким образом, показатель живой массы коров породы бланк-блю бельж в возрасте двух лет превзошел аналогичный показатель животных абердин-ангусской породы на 182 килограмма, в возрасте трех лет на 181 килограмм, в возрасте четырех на 162 килограмма и в возрасте

пяти лет и старше на 96 килограммов. Анализ возрастной динамики изменений живой массы коров свидетельствует о снижении породных различий от двух до пятилетнего возраста.

Животные анализируемых пород имели ряд экстерьерных отличий, в частности, животные отличались по основным высотным показателем промеров. Оценка высоты в крестце свидетельствует о превосходстве данного показателя коров пород бланк-блю бельж над животными абердин-ангусской породы в возрасте трех и четырех лет на 8 сантиметров, в возрасте пяти лет и старше – на 6 сантиметров.

Были выявлены значительные различия в балльных оценках экстерьера и конституции анализируемых пород. При оценке экстерьера коров породы бланк-блю бельж они получили 95 баллов, тогда как животные породы абердин-ангусская данного возраста – 91 балл. Полновозрастные коровы породы бланк-блю бельж в возрасте 5 лет и старше получили по оценке за экстерьер и конституцию 94 балла, тогда как животные абердин-ангусской породы оценены в 89 баллов.

Существенных различий между породами по продолжительности межотельного периода не выявлено. Средняя продолжительность межотельного периода по стаду породы бланк-блю бельж составила 513 дней, по стаду коров абердин-ангусской породы 500 дней. Выявлены некоторые различия по показателям возраста первого осеменения и живой массы при первом осеменении у данных пород. Так, первое осеменение телок породы абердин-ангусская происходит в возрасте 17,5 месяцев при достижения живой массы 363 килограмма, тогда как первое осеменение коров породы бланк-блю бельж проводится в возрасте 18,9 месяцев при достижения живой массы 490 килограммов.

Для коров абердин-ангусской породы характерен высокий выход телят в расчете на 100 коров, данный показатель составляет 82 %. тогда как у коров породы бланк-блю бельж 78 %. Средний возраст выбытия коров абердин-ангусской породы – 2,5 % отела, породы бланк-блю бельж – 2,9% отела.

Изменения живой массы молодняка анализируемых пород по результатам бонитировки 2022 года представлены в таблице

Таблица – Распределение молодняка породы бланк-блю бельж и абердин-ангусская по живой массе

Возрастные группы животных	Порода				Бланк-блю бельж ± абердин-ангусская., кг
	Бланк-блю бельж		Абердин-ангусская		
	Всего, голов	Живая масса одной головы, кг	Всего, голов	Живая масса одной головы, кг	
Бычки					
Новорожденные	33	50	49	33	+17
205 дней	33	267	52	208	+59
8 месяцев	32	305	71	233	+72
9 месяцев	33	334	81	253	+81



Продолжение таблицы

12 месяцев	37	421	81	328	+93
15 месяцев	32	493	70	396	+97
18 месяцев	29	563	57	457	+106
Телочки					
Новорожденные	42	50	28	29	+21
205 дней	37	236	33	191	+45
8 месяцев	40	265	55	212	+53
9 месяцев	39	293	67	232	+62
12 месяцев	30	353	73	292	+61
15 месяцев	31	415	71	336	+79
18 месяцев	27	467	60	373	+94

Проведя анализ динамики живой массы бычков, телочек по отдельным изучаемым породам и отдельным возрастным периодам, можно отметить значительное превосходство по живой массе породы бланк-блю бельж. Так, у бычков превосходство от рождения до восемнадцатимесячного возраста составило от 17 до 106 килограммов, у телочек – от 21 до 94 килограммов. Наиболее существенные различия как у бычков, так и у телочек проявляются в восемнадцатимесячном возрасте.

С целью выявления особенностей формирования мясной продуктивности крупного рогатого скота породы бланк-блю бельж и абердин-ангусская, а также оценки мясной продуктивности, качества мяса и его химического состава был проведен научно-хозяйственный опыт. По окончании опыта проведен контрольный убой, на основании которого был собран необходимый материал для проведения научных исследований с целью оценки пищевой ценности мяса.

Пищевая ценность мяса говядины определяется содержанием основных компонентов, необходимых организму человека. К их числу относятся массовая доля влаги, массовая доля белка, массовая доля жира, массовая доля золы. Результаты исследований химического состава мяса длиннейшей мышцы спины бычков пород абердин-ангусская и бланк-блю бельж представлены на рисунках 3,4.

Значение мяса как белкового продукта определяется сбалансированным составом аминокислот

(рисунки 5,6).

В этой связи мы проводили исследования в условиях аналитической лаборатории по определению количественного состава аминокислот, наиболее влияющих на качественные характеристики мяса и на его питательную ценность.

Анализируя данные рисунков 3 и 4, можем сделать вывод, что массовая доля белка в мясе породы бланк-блю бельж на 26 % превышает массовую долю белка абердин-ангусской породы. Одновременно массовая доля жира абердин-ангусской породы превышала массовую долю жира породы бланк-блю бельж на 31 %. Из этого можно сделать вывод, что мясо бычков породы бланк-блю бельж является диетическим, а бычки абердин-ангусской породы склонны к более высокому жиросодержанию в мышечных тканях, что позволяет получать мраморную говядину.

Оценка содержания влаги в длиннейшей мышце спины породы бланк-блю бельж показала превышение на 4 % массовой доли влаги в длиннейшей мышце спины у породы абердин-ангусской. Исходя из этого, можно сделать заключение, что мясо породы бланк-блю бельж легче усваивается организмом человека и обладает высокими технологическими свойствами. Разница между массовой долей золы составила всего 1 % в пользу породы бланк-блю бельж, это позволяет констатировать, что по минеральному составу и минеральным веществам существенных различий не выявлено.

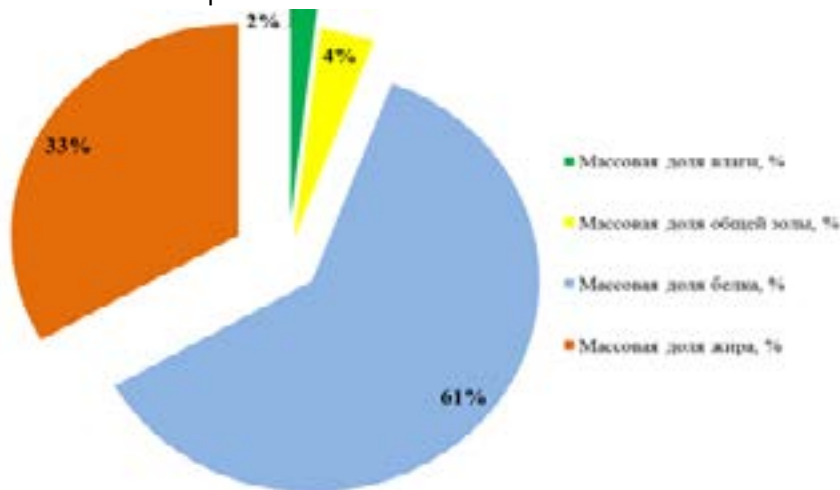


Рис. 3 – Результаты исследований химического состава мяса говядины породы абердин-ангусская.

Fig. 3 – The results of studies of the chemical composition of beef of the Aberdeen-Angus breed.

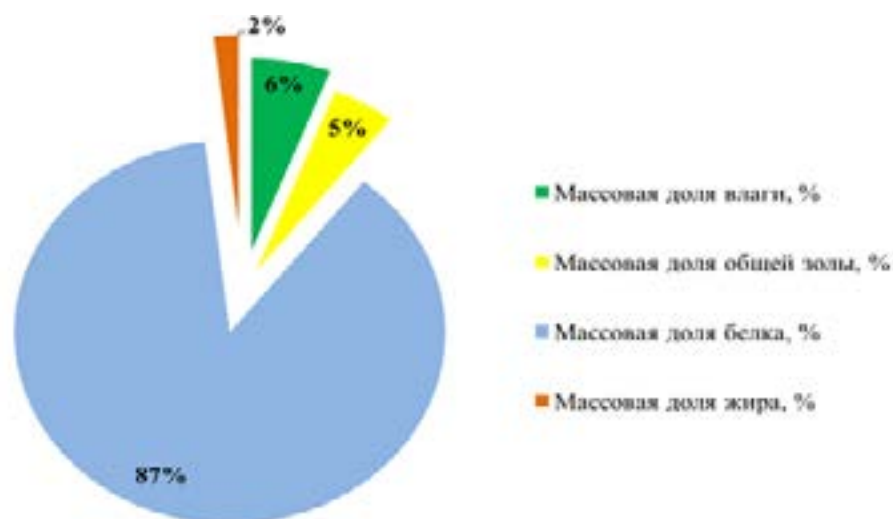


Рис. 4 – Результаты исследований химического состава мяса говядины породы бланк-блю бельж.

Fig. 4 – The results of research on the chemical composition of beef of the blanc-blue Belge breed.

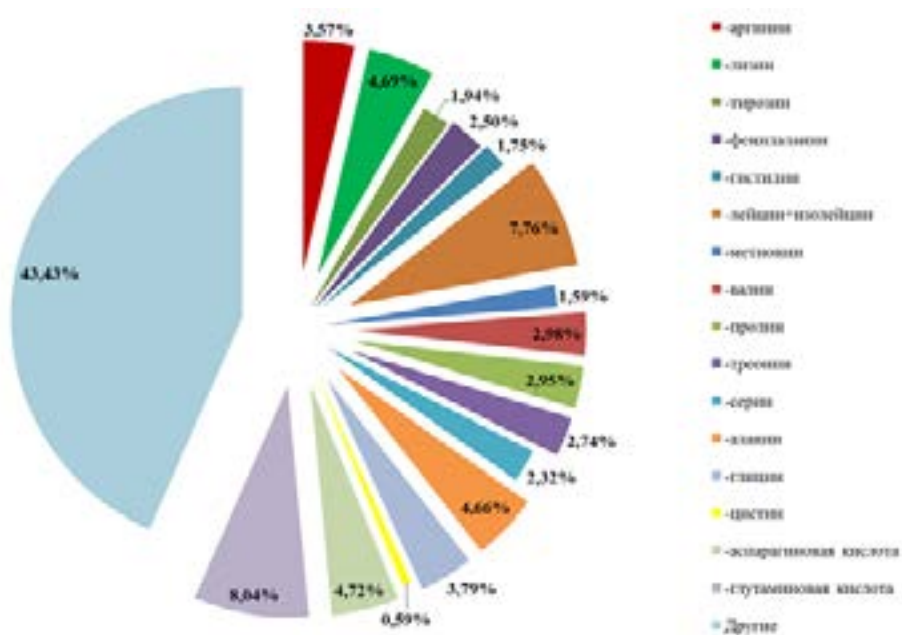


Рис. 5 – Результаты исследований аминокислотного состава мяса говядины породы абердин-ангусская

Fig. 5 – The results of studies of the amino acid composition of beef of the Aberdeen-Angus breed

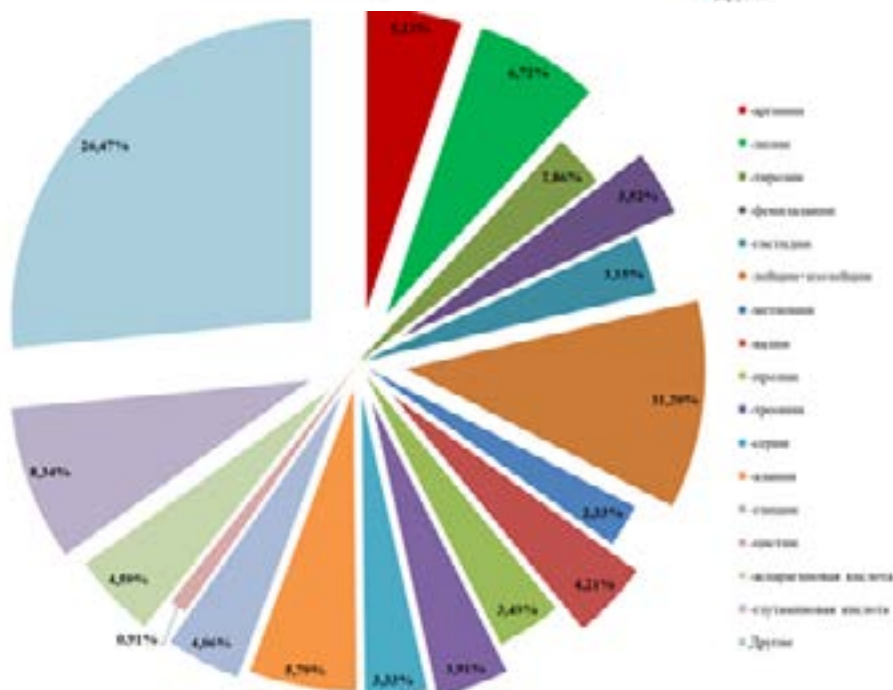


Рис. 6 – Результаты исследований аминокислотного состава мяса говядины породы блэк-блю бельж

Fig. 6 – The results of studies of the amino acid composition of beef of the black-blue Belge breed



Анализ аминокислотного состава оцениваемых образцов мяса представлен на рисунках 5 и 6. Анализируются аминокислоты, которые в большей степени влияют на пищевую ценность мяса. У обеих пород в наибольшем количестве представлены аминокислоты лейцин+изолейцин. У абердин-ангусской породы они составляют в общей доле аминокислот 7,76 %, а у породы бланк-блю бельж – 11,20 %. Как известно, данные аминокислоты являются незаменимыми и участвуют в мышечном метаболизме и выработке белков.

Важную роль в биосинтезе белков и в обмене аминокислот и углеводов играет глутаминовая кислота. Ее содержание в образцах мяса у породы абердин-ангусская составляет 8,04 %, а у породы бланк-блю бельж – 8,34 %.

Лизин – аминокислота, которая является незаменимой и содержится в пробе мяса абердин-ангусской породы в количестве 4,69 %, а в пробе мяса породы бланк-блю бельж – 6,72 %. Данная аминокислота играет важную роль в протеиногенезе, а также в связывании полипептидов коллагена, являющегося важной составной частью хрящей, соединительной ткани, кожи, в усвоении необходимых минеральных питательных веществ и выработке карнитина – ключевого компонента в метаболизме жирных кислот [5].

Остальные аминокислоты в исследуемых образцах находятся в диапазоне от 5 % до 0,6 % и также влияют на формирование мышечной ткани и качество получаемого мяса.

Ряд аминокислот не исследовались, так как они содержатся в небольшом количестве.

Заключение

С целью производства высококачественного мяса говядины предлагаем к разведению в условиях промышленной технологии беспривязного стойлового содержания использование специализированных мясных пород крупного рогатого скота абердин-ангусская и бланк-блю бельж. Порода бланк-блю бельж является породой, производящей диетическую говядину, порода абердин-ангусская – высококачественную мраморную говядину.

Список источников

1. Пегусов, А. С. Особенности экстерьерных и интерьерных качеств крупного рогатого скота породы бланк-блю бельж / А. С. Пегусов, А. В. Востроилов, А. А. Сутолкин // Инновационные технологии и технические средства для АПК : в 2 частях: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 110-летию ФГБОУ ВО "Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I" , Воронеж, 10–11 ноября 2022 года / под общей редакцией А.В. Агибалова, Л.А. Запорожцевой. Том Часть I. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. – С. 275-278.

2. Востроилов, А. В. Особенности экстерьера крупного рогатого скота породы бланк-блю бельж бельгийской селекции / А. В. Востроилов, А. А. Сутолкин, И. Ю. Венцова // Актуальные вопросы ветеринарной медицины и технологии

животноводства: Материалы научной и учебно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства, Воронеж, 04–30 апреля 2019 года. Том Выпуск 8. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. – С. 24-28.

3. Породные качества абердин-ангусской породы, разводимой в условиях ООО "Эко продукт" / В. Н. Винникова, Е. С. Артемов, Д. С. Макарова, А. В. Востроилов // Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции: Материалы V международной научно-практической конференции, Воронеж, 16 декабря 2021 года. Том Часть 1. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. – С. 101-106.

4. Целесообразность выращивания мясного скота и современный метод оценки его мясной продуктивности / М. А. Ряхских, С. И. Ветрова, Г. А. Пелевина, И. В. Власова // Актуальные вопросы ветеринарной медицины и технологии животноводства: Материалы научной и учебно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства, Воронеж, 04–30 апреля 2019 года. Том Выпуск 8. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. – С. 181-184

5. Кузьмичева, В. Н. Биохимия в животноводстве / В. Н. Кузьмичева, И. Ю. Венцова, А. В. Аристов; Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015. – 179 с. – ISBN 978-5-7267-0818-8.

6. ГОСТ 33319 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги - <https://internet-law.ru/gosts>

7. ГОСТ 31727 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы - <https://internet-law.ru/gosts>

8. ГОСТ 25011 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка - <https://internet-law.ru/gosts>

9. ГОСТ 23042 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира - <https://internet-law.ru/gosts>

10. М-04-38 Корма, комбикорма и сырье для их производства. Методика измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель» - <https://docs.cntd.ru>

11. Пелевина, Г. А. Технология мяса и мясных продуктов: Учебное пособие / Г. А. Пелевина, И. Ю. Венцова, И. В. Власова. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. – 253 с.

12. Beef productivity of limousine cattle at stable keeping / I. Vlasova, I. Ventsova, A. Vostroilov [et al.] // American Journal of Animal and Veterinary Sciences. – 2020. – Vol. 15, No. 4. – P. 266-274

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



References

1. Pegusov, A. S. Osobennosti ekster'nykh i inter'nykh kachestv krupnogo rogatogo skota porody blank-blyu bel'zh / A. S. Pegusov, A. V. Vostroilov, A. A. Sutolkin // *Innovacionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK : v 2 chastyakh: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodykh uchenykh i specialistov, posvyashchennoj 110-letiyu FGBOU VO "Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni imperatora Petra I"*, Voronezh, 10–11 noyabrya 2022 goda / pod obshchej redakciej A. V. Agibalova, L. A. Zaporozhcevoj. Tom CHast' I. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 2022. – S. 275-278.
2. Vostroilov, A. V. Osobennosti ekster'era krupnogo rogatogo skota porody blank-blyu bel'zh bel'gijskoj selekcii / A. V. Vostroilov, A. A. Sutolkin, I. YU. Vencova // *Aktual'nye voprosy veterinarnoj mediciny i tekhnologii zhivotnovodstva: Materialy nauchnoj i uchebno-metodicheskoy konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov fakul'teta veterinarnoj mediciny i tekhnologii zhivotnovodstva, Voronezh, 04–30 aprelya 2019 goda. Tom Vypusk 8.* – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 2019. – S. 24-28.
3. Porodnye kachestva aberdin-angusskoj porody, razvodimoy v usloviyah OOO "Eko produkt" / V. N. Vinnikova, E. S. Artemov, D. S. Makarova, A. V. Vostroilov // *Veterinarno-sanitarnye aspekty kachestva i bezopasnosti sel'skohozyajstvennoj produkcii: Materialy V mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Voronezh, 16 dekabrya 2021 goda. Tom CHast' 1.* – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 2021. – S. 101-106.
4. Celesoobraznost' vyrashchivaniya myasnogo skota i sovremennyy metod ocenki ego myasnoj produktivnosti / M. A. Ryazhskih, S. I. Vetrova, G. A. Pelevina, I. V. Vlasova // *Aktual'nye voprosy veterinarnoj mediciny i tekhnologii zhivotnovodstva: Materialy nauchnoj i uchebno-metodicheskoy konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov fakul'teta veterinarnoj mediciny i tekhnologii zhivotnovodstva, Voronezh, 04–30 aprelya 2019 goda. Tom Vypusk 8.* – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 2019. – S. 181-184
5. Kuz'micheva, V. N. Biohimiya v zhivotnovodstve / V. N. Kuz'micheva, I. YU. Vencova, A. V. Aristov; Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 2015. – 179 s. – ISBN 978-5-7267-0818-8.
6. GOST 33319 Myaso i myasnye produkty. Metod opredeleniya massovoj doli vlagi - <https://internet-law.ru/gosts>
7. GOST 31727 Myaso i myasnye produkty. Metod opredeleniya massovoj doli obshchej zoly- <https://internet-law.ru/gosts>
8. GOST 25011 Myaso i myasnye produkty. Metody opredeleniya belka- <https://internet-law.ru/gosts>
9. GOST 23042 Myaso i myasnye produkty. Metody opredeleniya zhira- <https://internet-law.ru/gosts>
10. M-04-38 Korma, kombikorma i syr'e dlya ih proizvodstva. Metodika izmerenij massovoj doli aminokislot metodom kapillyarnogo elektroforeza s ispol'zovaniem sistemy kapillyarnogo elektroforeza «Kapel'» - <https://docs.cntd.ru>
11. Pelevina, G. A. Tekhnologiya myasa i myasnykh produktov: Uchebnoe posobie / G. A. Pelevina, I. YU. Vencova, I. V. Vlasova. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 2022. – 253 s.
12. Beef productivity of limousine cattle at stable keeping / I. Vlasova, I. Ventsova, A. Vostroilov [et al.] // *American Journal of Animal and Veterinary Sciences.* – 2020. – Vol. 15, No. 4. – P. 266-274

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

Пегусов Александр Сергеевич, аспирант кафедры частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Россия, pegus1995@mail.ru

Востроилов Александр Викторович, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Россия, vostroilov.a.v.24@gmail.ru

Author information

Pegusov Alexander S., Postgraduate student of the Department of Private Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia, pegus1995@mail.ru

Vostroilov Alexander V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Private Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia, vostroilov.a.v.24@gmail.ru

Статья поступила в редакцию 24.11.2023; одобрена после рецензирования 10.12.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 24.11.2023; approved after reviewing 10.12.2023; accepted for publication 12.12.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т. 15, №4, с 68-76
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №4, pp 68-76

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 633.11; 632.934
DOI: 10.36508/RSATU.2023.38.48.010

РОЛЬ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И МОНИТОРИНГ В АГРОЦЕНОЗАХ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В БОРЬБЕ СО ЗЛАКОВЫМИ МУХАМИ

Соколов Андрей Андреевич¹✉, **Виноградов Дмитрий Валериевич**², **Дедова Елена Михайловна**³

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

¹ falcon-agro@mail.ru,

² vdv-rz@rambler.ru,

³ emdedova.75@mail.ru,

Аннотация.

Проблема и цель. Озимые зерновые, такие как пшеница и рожь, являются ведущими культурами по засеваемым площадям как в России, так и в Рязанской области. По уровню урожайности и валовому сбору озимая пшеница существенно превосходит яровую пшеницу. Однако ежегодно наблюдаются потери урожая от вредных насекомых. Среди вредителей зерновых особое место занимают злаковые мухи, поскольку они ведут скрытный образ жизни, их вредоносность малозаметна, но может быть ощутима. Поэтому целью исследований стало проведение мониторинга заселенности посевов озимых зерновых и определение биологической эффективности приемов химической защиты пшеницы и ржи (протравливание семян и опрыскивание растений по вегетации) в условиях Рязанской области.

Методология. Для достижения поставленной цели проведены исследования на опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ в Рязанском районе Рязанской области, в агроценозе озимых пшеницы и ржи. Опыт заложен с использованием методических указаний по учету и выявлению вредителей и болезней сельскохозяйственных растений, разработанных Всероссийским институтом защиты растений. Полученные результаты подвергались математической обработке методом дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова с применением прикладной программы Statistica.

Результаты. При проведении исследований установлено, что злаковые мухи являются распространенными и вредоносными вредителями озимых и яровых колосовых зерновых культур.

Заключение. В результате исследования было определено, что по уровню снижения вредоносности злаковых мух наиболее эффективным приемом защиты является предпосевное протравливание семян пшеницы и ржи инсектицидным протравителем.

Ключевые слова: озимая пшеница, озимая рожь, злаковые мухи, протравливание семян, опрыскивание растений, урожайность

Для цитирования: Соколов А.А., Виноградов Д.В., Дедова Е.М. Роль защитных мероприятий и мониторинг в агроценозах озимых зерновых культур в борьбе со злаковыми мухами // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15, № 4. С.68-76 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.38.48.010>

Original article

THE ROLE OF PROTECTIVE MEASURES AND MONITORING IN AGROCENOSSES OF WINTER GRAIN CROPS IN THE FIGHT AGAINST CEREAL FLIES



Andrey A. Sokolov ¹✉, Dmitry V. Vinogradov ², Elena M. Dedova ³

^{1,2,3} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ falcon-agro@mail.ru,

² vdv-rz@rambler.ru,

³ emdedova.75@mail.ru,

Abstract.

Problem and purpose. Winter cereals such as wheat and rye are the leading crops in terms of sown areas, both in Russia and in the Ryazan region. In terms of yield and gross harvest, winter wheat is also significantly superior to spring wheat. However, crop losses from harmful insects are observed annually. Among the pests of cereals, a special place is occupied by cereal flies, since they lead a secretive lifestyle, their harmfulness is hardly noticeable, but can be felt. Therefore, the purpose of the research was to monitor the population of winter grain crops and determine the biological effectiveness of chemical protection techniques for wheat and rye (seed etching and spraying plants during vegetation) in the Ryazan region.

Methodology. To achieve this goal, research was carried out at the experimental agrotechnological station of the FSUE in RGATU in the Ryazan district of the Ryazan region, in the agrocenosis of winter wheat and rye. The experience is based on the use of methodological guidelines for the accounting and identification of pests and diseases of agricultural plants, developed by the All-Russian Institute of Plant Protection. The obtained results were mathematically processed by the method of variance analysis as presented by B.A. Dospekhov using the Statistica application program.

Results. During the research, it was found that cereal flies are common and harmful pests of winter and spring grain crops.

Conclusion. As a result of the study, it was found that according to the level of reduction in the harmfulness of cereal flies, the most effective method of protection is pre-sowing etching of wheat and rye seeds with an insecticidal protectant.

Key words: winter wheat, winter rye, cereal flies, seed pickling, plant spraying, yield

For citation: Sokolov A.A., Vinogradov D.V., Dedova E.M. The role of protective measures and monitoring in agrocenoses of winter grain crops in the fight against cereal flies // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023, Vol. 15, N. 4, P.68-76 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.38.48.010>

Введение

Стабильно высокий уровень урожайности зерновых культур – одно из главных условий обеспечения продовольственной безопасности населения России, сохранения ее экспортного потенциала и лидирующего положения на рынке зерна [2,4].

Природно-климатические условия Рязанской области являются достаточно благоприятными для возделывания как яровых, так и озимых зерновых культур. Поэтому большая часть сельскохозяйственных предприятий и КФХ области имеют зерновую специализацию. Несмотря на то, что «перезимовка» озимой пшеницы бывает не всегда удачной для рязанских аграриев, они традиционно предпочитают именно ее яровой пшенице. По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Рязанской области, площадь посева озимой и яровой пшеницы в хозяйствах всех категорий в 2022 году составила, соответственно, 339,2 тыс. га и 123,0 тыс. га. По уровню урожайности и валовому сбору озимая пшеница в Рязанской области также существенно превосходит яровую пшеницу.

Внедрение современных энергосберегающих систем земледелия, меняющийся климат приводят к распространению фитофагов на озимой пшенице, росту их численности и вредоносности. В условиях Рязанской области одним из наиболее опасных вредителей озимой пшеницы является злаковая муха, которая объединяет

экологическую группу нескольких видов из семейств: Chloropidae, Opomyzidae, Cecidomyiidae, Agromizidae, Anthomyiidae [13].

На постсоветском пространстве ущерб посевам зерновых культур наносят 73 вида злаковых мух, наиболее распространенными из которых являются гессенская, пшеничная, шведская овсяная и шведская ячменная мухи.

Значительный урон посевам зерновых культур наносят личинки злаковых мух, которых они откладывают внутри стебля растения. После отрождения личинка злаковой мухи проникает внутрь побега, повреждает структуру конуса нарастания или зародыш колоса, а это приводит к засыханию центрального листа, отмиранию или угнетению побегов.

Если погодные условия благоприятны для жизни и развития злаковых мух, то в осенний период они могут уничтожить более 60 % всходов озимых зерновых культур, существенно снизив урожайность и экономическую эффективность зерновой отрасли.

В сложившейся ситуации необходимо разработать, обосновать и применить специальные приемы по снижению вредоносности злаковых мух, которые должны быть основаны на понимании биологических особенностей этого насекомого в условиях Рязанской области, экологически безопасны и экономически целесообразны.

Существенный защитный эффект дает выполнение защитных мероприятий в период массового



лѐта вредителя, при этом основной акцент следует делать на мониторинге.

В посевах озимых зерновых культур выполнять мониторинг злаковых мух необходимо два раза в период вегетации растений. Первый раз – в конце лета-начала осени, когда после посева культура начинает вегетировать. В фазе два-три листа целесообразно провести учет и понять, есть ли вредитель, какова его численность, нужна обработка или нет. Второй раз – весной, когда растение возобновляет свой рост и высока вероятность появления новых видов мух к тем, что остались с осени [10,15].

Борьба со злаковыми мухами осуществляется агротехническими методами, причем для каждого вида вредителей результативны разные подходы и варианты, которые постоянно обновляются с учетом достижений науки и передового опыта [12].

Протравливание семян зерновых культур перед посевом является обязательным и неотъемлемым приемом технологии возделывания колосовых [5,9,14]. Определенную уверенность в защите от большинства видов злаковых мух уже традиционно дает обработка семенного материала инсектицидными протравителями. Если семена были обработаны, то в течение определённого количества дней инсектицид уже действует в нужном месте. Проблема в том, что его действие в случае затяжной теплой осени заканчивается еще до окончания лѐта имаго злаковых мух и активного их заселения на всходах озимых [1,7,11].

Учитывая природно-климатические особенности Рязанской области, заметное повышение средненежных температур осени, позднее наступление заморозков в последние годы, защитные мероприятия для озимых зерновых должны включать не только обработку посевного материала, но и дополнительную обработку посевов инсектицидами.

Такая обработка рассматривается экспертами в двух вариантах, каждый из которых целесообразен при определенных условиях. Если в регионе в течение длительного времени установилась сухая и теплая погода, то прогнозируется массовый лѐт злаковых мух, не растянутый по времени. В этом случае достаточно одной инсектицидной обработки, направленной на уничтожение взрослых особей. Неустойчивая погода с перепадами температур и влажности провоцирует растянутый лѐт злаковых мух, поэтому в этом случае важно подобрать комплексный препарат, действие которого направлено на уничтожение взрослых особей и контроль личинок [3].

В любом случае, выбирая тактику борьбы со злаковыми мухами, необходимо помнить про экологическую безопасность и экономическую эффективность защитных мероприятий [16,17].

В Рязанской области хозяйственное значение имеют шведская и в большей степени гессенская мухи. Продолжают оставаться факторы, повышающие численность и вредоносность мух: метеорологические, такие как, например, значительное потепление климата; изменение в сторону сниже-

ния культуры земледелия, а также некоторое повышение общей площади непахотных запашечных земель в регионе. Кроме того, существенными факторами, влияющими на повышение общего количества мух-вредителей, являются внедрение поверхностной обработки почвы, насыщенность севооборота зерновыми культурами, посев зерновых культур по зерновым предшественникам, и использование в качестве предшествующих культур многолетних злаковых трав долгих лет пользования. Обычно в Рязанской области развиваются три поколения злаковых мух.

Объекты и методы исследований

Исследования проведены на опытных участках агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ Рязанского района Рязанской области в 2021/2022 и 2022/2023 годах.

Объектами исследований были сорт озимой пшеницы Московская 39, сорт озимой ржи ЗУ Форзетти. Схема двухфакторного полевого опыта включала: 1. Имидашанс-С, КС 0,6 л/т (протравливание семян); 2. Фасшанс, КЭ 0,15 л/га (опрыскивание всходов); 3. Дишанс, КЭ, 1,5 л/га (опрыскивание всходов).

Агрохимические показатели опытной темно-серой тяжелосуглинистой почвы: гумус 3,21-3,38 %; содержание подвижных соединений: P_2O_5 – 14,6-14,8 мг/100 граммов почвы; K_2O – 15,5-16,5 мг/100 граммов почвы (0-20); pH 5,3 – слабокислая реакция почвы.

Погодные условия вегетационных периодов озимых зерновых во время проведения исследований характеризовались резкими перепадами температур и неустойчивым режимом увлажнения (рис.1). Так, ГТК вегетационного периода 2021-2022 года составил 0,6 (сухой), в то время как в период 2022-2023 года его значения достигли 1,7 (избыточное увлажнение).

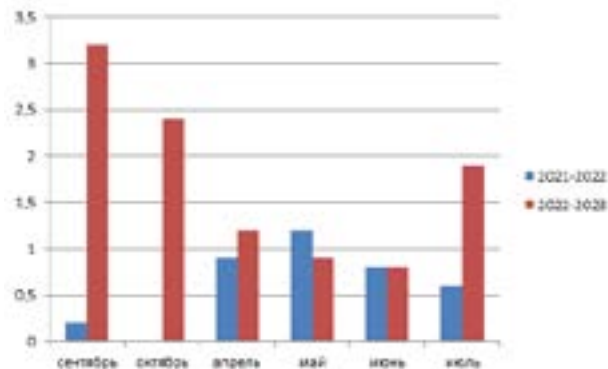


Рис. 1 – Гидротермические коэффициенты за вегетационные периоды озимых колосовых зерновых культур
Fig. 1 – Hydrothermal coefficients for the growing season of winter grain crops

Агротехнологические мероприятия по выращиванию озимых зерновых культур – общепринятые для зоны, сопровождались многочисленными наблюдениями, анализами, учетами, проведенными



по общепринятым методикам.

Предшественник – горох на зерно, срок посева озимых зерновых культур – 28-29 августа, посев сплошным рядовым способом с нормой высева

5,3 млн шт./га как для озимой пшеницы, так и для озимой ржи. Посев осуществляли фоново семенами, обработанными протравителем ДВД Шанс, КС 1,0 л/т, сеялкой СЗ-5,4; глубина посева 3-4 см.



Рис. 2 – Посев, проведение защитных мероприятий и уборка озимых зерновых культур в опыте, агротехнологическая опытная станция
Fig. 2 – Sowing, carrying out protective measures and harvesting of winter crops in the experiment, agrotechnological experimental station

В качестве фона под предпосевную культивацию вносились минеральные удобрения в виде азофоски (16:16:16) в дозе 2,1 ц/га.

Площадь опытных делянок составляла 220 м², учетной – 180 м². Повторность четырехкратная, размещение делянок рандомизированное. Методика проведения исследований общепринятая [8]. Данные мониторинга и показателей опыта обработаны методом дисперсионного анализа (по Б.А. Доспехову, 1986), с применением прикладных программ ЭВМ [6].

Результаты исследований

Численность и вредоносность злаковых мух всецело зависела от погодных условий в весенне-летний период. Благоприятными метеорологическими условиями для развития и вредоносности злаковых мух являлись теплообеспеченность вегетационного периода, умеренные осадки, наличие цветущей растительности.

В опыте было ежегодно обследовано всего озимых зерновых 26,0 га, заселено 6 га в 2022 году, и 8 га – в 2023 году.

В текущем 2023 году численность и вредоносность злаковых мух на посевах озимых зерновых

культур значительно снизилась. Причиной тому послужили неблагоприятные погодные условия осени 2022 года, когда отмечался длительный период аномальных дождей, поздний посев и достаточно продолжительный зимний период с низкой температурой, кроме того, протравливание семян инсектицидными протравителями.

В 2023 году для жизнедеятельности мух сложились не совсем благоприятные метеорологические условия: неустойчивая по температурному режиму погода, частые дожди в сопровождении сильных ветров. Лишь в отдельные короткие периоды складывались благоприятные условия. В эти периоды проводились своевременные защитные мероприятия, как непосредственно против шведской и гесенской мух, так и против комплекса других вредителей, которые были эффективны и против мух. Все это способствовало резкому снижению численности и вредоносности злаковых мух.

В опыте заселенность зерновых культур шведской мухой фиксировалось ежегодно, но существенного экономического ущерба озимым зерновым этот вредитель не наносил.



Рис. 3 – Проведение учетов численности и определение вредоносности злаковых мух
Fig. 3 – Carrying out population counts and determining the harmfulness of cereal flies

Таблица 1 – Фенология развития шведской мухи в 2022 и 2023 годах

Фаза	Год	Дата прохождения фаз развития			
		I поколение		II поколение	III поколение
		начало	масс.		
Имаго	2022	2.05	14.05	22.06	16.08
	2023	28.04	7.05	18.06	12.08
Яйцекладка	2022	8.05	17.05	28.06	24.08
	2023	5.05	10.05	22.06	21.08
Яйцекладка	2022	15.05	24.05	9.07	3.09
	2023	10.05	12.05	8.07	31.08
Личинка	2022	5.06	15.06	30.07	
Куколка	2023	31.05	12.06	25.07	

Анализируя результаты обследования, выявили: зимовали окончившие развитие личинки в пупариях внутри побегов озимых, всходов падалицы и злаковых трав. Начало вылета мух в исследованиях выявлено с 2.05 в 2022 году и с 28.04 в 2023 году, массовый лет мух – 14.05 в 2022 году и 7.05 в 2023 году соответственно.

Мухи первого поколения заселяли агроценозы озимой пшеницы в начале выхода в трубку, откладка яиц производилась на стебли за листовые влагалища. На яровых зерновых самки откладывают яйца на молодые побеги злаков, имеющие 2-3 листа, обычно за колеоптиле. Яйцекладка отмечена с 8.05.2022, массово – с 17.05.2022. Отрождение личинок началось с 16.05.2022, массово – с 24.05.2022. Затем личинки заползают за листовые влагалища и проникают внутрь побегов, к основанию стебля. Личинки развиваются и окукливаются в побегах. Стадия куколки – с 5.06.2022, массово – с 15.06.2022, а 22.06.2022 из пупариев вышли взрослые мухи второго поколения. 28.06.2022 самки откладывают яйца за колосковые чешуйки пшеницы и ржи. 9.07.2022 появились личинки, которые питаются завязавшимися зернами до их затвердения. Перед окукливанием личинка становится почти неподвижной, свою последнюю кожу не сбрасывает. Позднее кожа затвердевает, приобретает коричневую окраску и образует ложнококон. Фаза куколки – с 15.08.2022.

Вылет мух третьего поколения – с 10.09.2022. Яйцекладка на озимые зерновые – с 14.09.2022. Отрождение личинок отмечено с 03.10.2022. Эти личинки зимуют в пупариях и заканчивают свое развитие на озимых зерновых весной следующего года.

Средняя численность личинки – 1 экз. на 1 м². В опыте максимальное количество личинок – 5 экз. на 1 м² выявлено на площади 6 га в 2022 году и 8 га – в 2023 году (из обследованных 26 га).

В среднем по опыту в агроценозах озимой пшеницы при весеннем кошении средняя численность шведской мухи составила 13 (до 23) экз./1м², при максимальной численности на площади 2,5 га в 2022 году и 0,5 га в 2023 году.

В 2021 и 2022 годах погодные условия осеннего периода способствовали развитию шведской мухи. Учет имаго осенью показал, что численность мух ниже ЭПВ – 3 (до 9,5) экз. на 100 в. с.

Осенью в фазу всходов-кущения методом внутристебельного вскрытия также были обследованы опытные озимые зерновые (табл. 2).

В среднем, в обследуемых посевах максимальный процент заселенных растений личинками шведской мухи осенью составил 3,1, главных стеблей – 1,8, придаточных – 2,2. Плотность личинок – 2,0 экз. на 1 м² на озимой ржи.

Биологическая эффективность исследуемых препаратов представлена на рисунке 4.



Таблица 2 – Процент поврежденных растений озимых зерновых культур и плотность вредителей зерновых мух в обследованных опытных посевах

Культура	Процент поврежденных			Плотность лич., экз./м ²
	кустов	гл. стеблей	придат. стеблей	
Озимая пшеница	2,7	1,0	1,6	1,0
Озимая рожь	2,4	1,2	1,4	2,0
Итого	2,6	1,1	1,5	1,5

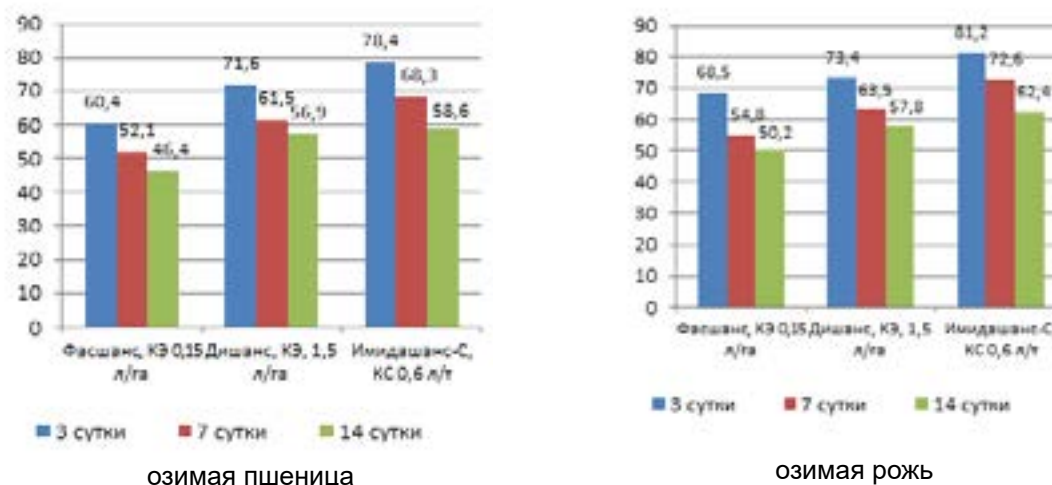


Рис.4 – Биологическая эффективность исследуемых препаратов в борьбе со злаковыми мухами на озимой пшенице и озимой ржи (средние значения за период исследований)

Fig.4 – Biological effectiveness of the studied drugs in the fight against cereal flies on winter wheat and winter rye (average values for the period of research)

Из приведенных на рисунке 4 диаграмм видно, что исследуемые препараты в борьбе со злаковыми мухами были достаточно эффективными как в посевах озимой пшеницы, так и на озимой ржи. Наибольшая биологическая эффективность наблюдалась на вариантах с применением в предпосевной обработке семян инсектицидного протравителя Имидашанс-С, КС 0,6 л/т. Его эффективность на третьи сутки после обнаружения вредителя в посевах озимой пшеницы была на уровне 78,4 %, на озимой ржи – 81,2 %. Со временем эффективность падала, что объясняется

снижением инсектицидного действия вследствие инактивации компонентов действующего вещества препарата. Чуть ниже по эффективности оказался системный инсектицид, применяемый по вегетации, Дишанс, КЭ, 1,5 л/га. Его биологическая эффективность составила 71,6-73,4 % соответственно. На последнем месте по эффективности оказался контактный инсектицид Фасшанс, КЭ 0,15 л/га со значениями 60,4-68,5 %.

Данные урожайности озимых зерновых культур в опыте приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Урожайность озимых зерновых культур опытных посевов

Вариант		Урожайность, ц/га			Прибавка урожая	
Фактор А	Фактор В	2022	2023	среднее	ц/га	%
Озимая пшеница	Фасшанс, КЭ 0,15 л/га	41,8	39,0	40,4	-	-
	Дишанс, КЭ, 1,5 л/га	42,3	39,3	40,8	0,4	1,0
	Имидашанс-С, КС 0,6 л/т	42,7	40,5	41,6	1,2	3,0
Озимая рожь	Фасшанс, КЭ 0,15 л/га	34,5	31,8	33,2	-	-
	Дишанс, КЭ, 1,5 л/га	34,9	32,5	33,7	0,5	1,5
	Имидашанс-С, КС 0,6 л/т	35,6	32,7	34,2	1,0	3,0
НСР ₀₅ , ц/га фактор А		1,28	0,97			
фактор В		1,57	1,19			
взаимодействие АВ		1,95	1,88			

Средняя урожайность озимой пшеницы за период исследований составила 40,4-41,6 ц/га, озимой ржи – 33,2-34,2 ц/га. Отметим, что при ис-

пользовании в системе защиты озимых зерновых при обработке растений по всходам препарата контактного действия Фасшанс, КЭ наблюдалось



снижение урожайности растений на всех вариантах опыта, что может быть обусловлено малой эффективностью действия контактных инсектицидов на внутривредителей вредителей, к которым относятся злаковые мухи.

Использование в предпосевной обработке семян инсектицидного протравителя Имидашанс-С, КС 0,6 л/т способствовало повышению урожайности исследуемых культур в среднем на 1,2 ц/га зерна озимой пшеницы и 1,0 ц/га озимой ржи.

Таблица 4- Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы и озимой ржи в зависимости от изучаемых факторов

Фактор А (обработка почвы)	Фактор В (гербицид)	Средняя урожайность, ц/га	Затраты, руб./га	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %
Озимая пшеница	Фасшанс, КЭ 0,15 л/га	40,4	35506	51914	16408	46,2
	Дишанс, КЭ, 1,5 л/га	40,8	37020	52428	15408	41,6
	Имидашанс-С, КС 0,6 л/т	41,6	38019	53456	15437	40,6
Озимая рожь	Фасшанс, КЭ 0,15 л/га	33,2	28606	33034	4428	15,5
	Дишанс, КЭ, 1,5 л/га	33,7	30120	33532	3412	11,3
	Имидашанс-С, КС 0,6 л/т	34,2	31119	34029	2910	9,4

Расчеты показали, что, несмотря на самый низкий средний уровень урожайности озимой пшеницы и озимой ржи в опыте с препаратом Фасшанс, КЭ 0,15 л/га, обеспечивается самая высокая прибыль с 1 га и уровень рентабельности производства. Препарат Имидашанс-С, КС 0,6 л/т, обеспечивающий самый высокий уровень урожайности за период исследования, в силу высокой стоимости менее эффективен.

Таким образом, с точки зрения экономической эффективности производства озимой пшеницы и озимой ржи наиболее рациональным является выбор препарата Фасшанс, КЭ 0,15 л/га (опрыскивание всходов). Однако здесь нужно отметить, что эффективность обработки инсектицидами контактной группы, к которым относится препарат Фасшанс, КЭ, будет наиболее высокой при проведении четкого отслеживания массового лета имаго вредителя, а обработка растений в более поздние сроки будет способствовать снижению эффективности

Заключение

При проведении мониторинга развития злаковых мух на посевах озимых и яровых колосовых культур установлена их высокая распространенность. Средняя численность личинки шведской мухи – 1 экз. на 1 м². В опыте максимальное количество личинок – 5 экз. на 1 м² выявлено на площади 6 га в 2022 году и 8 га – в 2023 году (из обследованных 26 га). В среднем по опыту в агроценозах озимой пшеницы при весеннем кошени средняя численность шведской мухи составила 13 (до 23) экз./1м², при максимальной численности на площади 2,5 га в 2022 году и 0,5 га в 2023 году. В то же время отметим их незначительную вредоносность в опыте. Учет имаго осенью показал, что численность мух ниже ЭПВ – 3 (до 9,5) экз. на 100 в. с.

Исследуемые препараты в борьбе со злаковыми мухами были достаточно эффективны как в посевах озимой пшеницы, так и на озимой ржи. Наибольшая биологическая эффективность

наблюдалась на вариантах с применением в предпосевной обработке семян инсектицидного протравителя Имидашанс-С, КС 0,6 л/т. Его эффективность на третьи сутки после обнаружения вредителя в посевах озимой пшеницы была на уровне 78,4 %, на озимой ржи – 81,2 %.

Средняя урожайность озимой пшеницы за период исследований составила 40,4-41,6 ц/га, озимой ржи – 33,2-34,2 ц/га. Использование в предпосевной обработке семян инсектицидного протравителя Имидашанс-С, КС 0,6 л/т способствовало повышению урожайности исследуемых культур в среднем на 1,2 ц/га зерна озимой пшеницы и 1,0 ц/га озимой ржи. Меньшее влияние на урожайность озимых зерновых оказала обработка всходов контактным инсектицидом Фасшанс, КЭ 0,15 л/га.

При определении экономической эффективности используемых препаратов в опыте, как средств защиты от злаковых мух, было установлено, что в варианте с препаратом Фасшанс, КЭ 0,15 л/га обеспечивается самая высокая прибыль с 1 га; уровень рентабельности производства зерна озимой пшеницы составил 46,2 %, озимой ржи – 15,5 %. Препарат Имидашанс-С, КС 0,6 л/т, обеспечивающий самый высокий уровень урожайности за период исследования, в силу высокой стоимости менее эффективен.

Список источников

1. Бойко, С. В. Обработка семян и посевов зерновых культур препаратами на основе ацетамиприда - эффективный способ защиты от вредителей / С. В. Бойко, М. Г. Немкевич // Защита растений. – 2022. – № 46. – С. 164-179.
2. Виноградов, Д.В. Практикум по растениеводству / Д.В. Виноградов, Н.В. Вавилова, Н.А. Дуктова, Е.И. Лупова // Рязань, 2018. 320с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22028267>
3. Власова, Л. М. Баковые смеси инсектицидов, фунгицидов и микроудобрений в посевах зерновых культур / Л. М. Власова, О. В. Попова // Защита и карантин растений. – 2023. – № 5. – С. 13-15.



4. Влияние состава помольных смесей на выход и качество пшеничной хлебопекарной муки / М. В. Евсенина, Д. В. Виноградов, Е. И. Лупова, А. А. Пеньшин // Известия Дагестанского ГАУ. – 2020. – № 4(8). – С. 16-20.
5. Гвоздева, М. С. Биологическая защита озимой пшеницы от основных грибных болезней в центральной зоне Краснодарского края / М. С. Гвоздева, Г. В. Волкова // Защита и карантин растений. – 2023. – № 9. – С. 16-18.
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. 1985 г. М.: Альянс, 2011. - 351 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19517484>
7. Илларионов, А. И. Ресурсосбережение на этапе выбора инсектицидов для защиты озимой пшеницы от злаковых мух / А. И. Илларионов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3(46). – С. 42-51. – EDN ULWRNB.
8. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. - СПб: Минсельхоз России, Всеросс. НИИ защиты растений, 2009, С. 87-88.
9. Продуктивность овса при совместном применении удобрений и регулятора роста / М. Ю. Федотова, Д. В. Виноградов, Г. Д. Гогмачадзе, П. Н. Балабко // АгроЭкоИнфо. – 2017. – № 4(30). – С. 6.
10. Рябцева, Н. А. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников и сортов в условиях Ростовской области / Н. А. Рябцева // Аграрная наука. – 2023. – № 1. – С. 65-69.
11. Силаев, А. И. Эффективность применения инсектофунгицида Престиж для защиты зерновых культур от вредителей и болезней / А. И. Силаев, Л. Д. Гришечкина, В. Г. Чурикова // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 7. – С. 34-39.
12. Современные средства защиты зерновых культур от злаковых мух / М. Н. Шорохов, В. А. Хилевский, А. Н. Мартынушкин, Л. А. Буркова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 4. – С. 52-55.
13. Стригун, А. А. Злаковые мухи - вредители зерновых колосовых культур и система защиты / А. А. Стригун // Защита и карантин растений. – 2015. – № 10. – С. 34-36. – EDN UKXFLF.
14. Ступин, А. С. Стимулирующее действие Циркона на процесс прорастания семян яровой пшеницы / А. С. Ступин, А. Н. Постников // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 7. – С. 30-32.
15. Урожайность и качество зерна новых сортов озимой пшеницы в условиях Орловской области / С. В. Резвякова, В. Н. Титов, С. Ю. Данилов [и др.] // Аграрная наука. – 2023. – № 2. – С. 76-81.
16. Щур, А. В. Влияние различных уровней агроэкологических нагрузок на биохимические характеристики почвы / А. В. Щур, Д. В. Виноградов, В. П. Валько // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т. 11, № 4. – С. 139-148.
17. Щур, А. В. Экологические последствия развития интенсивного земледелия в Республике Беларусь / А. В. Щур, В. П. Валько, Д. В. Виноградов // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 3. – С. 36-40.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Bojko, S. V. Obrabotka semyan i posevov zernovykh kul'tur preparatami na osnove acetamiprida – effektivnyj sposob zashchity ot vreditel'ej / S. V. Bojko, M. G. Nemkevich // Zashchita rastenij. – 2022. – № 46. – С. 164-179.
2. Vinogradov, D. V. Praktikum po rastenievodstvu / D. V. Vinogradov, N.V. Vavilova, N.A. Duktova, E.I. Lupova // Ryazan, 2018. 320 s. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22028267>
3. Vlasova, L. M. Bakovye smesi insekticidov, fungicidov i mikroudobrenij v posevah zernovykh kul'tur / L. M. Vlasova, O. V. Popova // Zashchita i karantin rastenij. – 2023. – № 5. – С. 13-15.
4. Vliyanie sostava pomol'nykh smesej na vyhod i kachestvo pshenichnoj hleblopekarnoj muki / M. V. Evsenina, D. V. Vinogradov, E. I. Lupova, A. A. Pen'shin // Izvestiya Dagestanskogo GAU. – 2020. – № 4(8). – С. 16-20.
5. Gvozdeva, M. S. Biologicheskaya zashchita ozimoy pshenicy ot osnovnykh gribnykh boleznej v central'noj zone Krasnodarskogo kraja / M. S. Gvozdeva, G. V. Volkova // Zashchita i karantin rastenij. – 2023. – № 9. – С. 16-18.
6. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya vysshih sel'skohozyajstvennykh uchebnykh zavedenij. Stereotip. izd., perepech. s 5-go izd., dop. ipererab. 1985 g. M.: Al'yans, 2011. - 351 s. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19517484>
7. Illarionov, A. I. Resursosberezhenie na etape vybora insekticidov dlya zashchity ozimoy pshenicy ot zlakovykh muh / A. I. Illarionov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 3(46). – С. 42-51. – EDN ULWRNB.
8. Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam insektitsydov, akaricidov, mollyuskitsydov i rodentsicydov v sel'skom hozyajstve – SPb: Minselhoz Rossii, VNII zashity rastenij, 2009, s. 87-88
9. Produktivnost' ovsa pri sovmestnom primenenii udobrenij i regul'yatora rosta / M. Yu. Fedotova, D. V. Vinogradov, G. D. Gogmachadze, P. N. Balabko // AgroEkoInfo. – 2017. – № 4(30). – С. 6.
10. Ryabceva, N. A. Urozhajnost' ozimoy pshenicy v zavisimosti ot predshestvennikov i sortov v usloviyah



Rostovskoj oblasti / N. A. Ryabceva // *Agrarnayanauka*. – 2023. – № 1. – S. 65-69.

11. Silaev, A. I. *Effektivnost' primeneniya insektofungicida Prestizh dlya zashchity zernovyh kul'tur ot vreditel'ej i boleznej* / A. I. Silaev, L. D. Grishechkina, V. G. Churikova // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. – 2019. – № 7. – S. 34-39.

12. *Sovremennye sredstva zashchity zernovyh kul'tur ot zlakovyh muh* / M. N. Shorohov, V. A. Hilevskij, A. N. Martynushkin, L. A. Burkova // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. – 2018. – № 4. – S. 52-55.

13. Strigun, A. A. *Zlakovyemuhi – Vrediteli zernovyh kolosovyh kul'tur i sistema zashchity* / A. A. Strigun // *Zashchita i karantin rastenij*. – 2015. – № 10. – S. 34-36 – EDN UKXFLF.

14. Stupin, A. S. *Stimuliruyushchee dejstvie Cirkona na process prorstaniya semyan yarovoj pshenicy* / A. S. Stupin, A. N. Postnikov // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. – 2009. – № 7. – S. 30-32.

15. *Urozhajnost' i kachestvo zerna novyh sortov ozimoy pshenicy v usloviyah Orlovskoj oblasti* / S. V. Rezvyakova, V. N. Titov, S. Yu. Danilov [i dr.] // *Agrarnayanauka*. – 2023. – № 2. – S. 76-81.

16. Shchur, A. V. *Vliyanie razlichnyh urovnej agroekologicheskikh nagruzok na biohimicheskie harakteristiki pochvy* / A. V. Shchur, D. V. Vinogradov, V. P. Val'ko // *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*. – 2016. – T. 11, № 4. – S. 139-148.

17. Shchur, A. V. *Ekologicheskie posledstviya razvitiya intensivnogo zemledeliya v Respublike Belarus'* / A. V. Shchur, V. P. Val'ko, D. V. Vinogradov // *Problemy regional'noj ekologii*. – 2016. – № 3. – S. 36-40.

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

Соколов Андрей Андреевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрономии, агрохимии и защиты растений, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, falcon-agro@mail.ru

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

Дедова Елена Михайловна, ст. препод. кафедры организации агробизнеса, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, emdedova.75@mail.ru

Author information

Sokolov Andrey A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Agrochemistry and Plant Protection, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, falcon-agro@mail.ru

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

Dedova Elena M., Senior Lecturer of the Department of Agribusiness Organization, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, emdedova.75@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.10.2023; одобрена после рецензирования 17.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 03.10.2023; approved after reviewing 17.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, № 4, с. 77-89
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, № 4, pp 77-89

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 615.849.1:619
DOI: 10.36508/RSATU.2023.85.53.011

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ, БИОХИМИЧЕСКИХ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ ПРИ ВНЕШНЕМ ГАММА-ОБЛУЧЕНИИ «IN VITRO» В ДОЗАХ 100-500 МГР

Арина Сергеевна Федотова¹✉, **Евгения Геннадьевна Турицына**²

^{1,2} Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹ krasfas@mail.ru

² turitcyna@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В настоящее время вопрос оценки воздействия малых доз радиации на многоклеточный организм интересует ученых разных научных специальностей: радиозоологии, радиобиологии, медицины и ветеринарии. В соответствии с докладом 57 сессии научного комитета ООН по действию атомной радиации в 2010 году, к малым дозам ионизирующего излучения для млекопитающих относятся дозы менее 500 мГр. Цель работы – определить степень изменения гематологических, биохимических и иммунологических показателей периферической крови крупного рогатого скота при внешнем гамма-облучении «in vitro» образцов крови в диапазоне малых доз. Для работы выполнен отбор проб крови у лактирующих коров, содержащихся на территориях центральных районов Красноярского края под воздействием фоновой поглощенной дозы с последующим облучением «in vitro» в диапазоне доз 100-500 мГр.

Методология. Объект исследования – гематологические, биохимические и иммунологические показатели периферической крови. Работа выполнена в период с 2020 по 2022 годы на кафедре внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины и научно-исследовательского испытательного центра ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Отбор проб периферической крови у коров осуществляли из хвостовой вены в вакуумные пробирки с активатором свертываемости. Облучение образцов крови «in vitro» проводили на установке, укомплектованной источником ¹³⁷Cs. Гематологические показатели определяли по общепринятым методикам. Биохимические исследования сыворотки крови проведены с использованием спектрофотометра ПЭ-5400 уф. Иммунологические исследования включали определение фагоцитарной активности лейкоцитов при их антигенной активации «in vitro» частицами латекса.

Результаты. Ионизирующее излучение «in vitro» в дозах от 100 мГр до 500 мГр разнонаправленно влияет на гематологические, биохимические параметры, снижает фагоцитарную активность лейкоцитов крови крупного рогатого скота. Выявлено сокращение количества эритроцитов и ускорение СОЭ. Однократное внешнее гамма-облучение проб периферической крови коров в дозе 100 мГр уменьшает содержание общего белка, креатинина и бета-глобулинов. При дозе 500 мГр снижается относительное содержание альфа-глобулинов, концентрация АЛТ и АСТ. На основании модельного «in vitro» воздействия субклинических доз ионизирующего излучения на образцы крови лактирующих коров установлена линейная зависимость концентрации креатинина от величины поглощенной дозы. Определены цифровые значения коэффициента аппроксимации, описывающие снижение концентрации альфа-глобулинов, бета-глобулинов, АСТ и АЛТ. Совокупность выявленных изменений гематологических, биохимических и иммунологических показателей периферической крови является информативной и может служить интегральным прогностическим показателем в оценке воздействия малых доз ионизирующего излучения на организм сельскохозяйственных животных. Практическая значимость – установленные изменения гематологических и иммунологических показателей и цифровые значения коэффициентов аппроксимации альфа-глобулинов, АСТ и АЛТ могут быть использованы при реконструкции значений доз облучения в диапазоне малых доз.

Ключевые слова: радиация, малые дозы, поглощенная доза, периферическая кровь, гематологические, биохимические показатели, фагоцитарная активность лейкоцитов

Для цитирования: Федотова А. С., Турицына Е.Г. Изменение гематологических, биохимических и иммунологических показателей крови коров при внешнем гамма-облучении «in vitro» в дозах 100-500 мГр // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, № 4, С.77-89 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.85.53.011>

**CHANGES IN HAEMATOLOGICAL, BIOCHEMICAL AND IMMUNOLOGICAL PARAMETERS OF COW BLOOD UNDER EXTERNAL «IN VITRO» GAMMA RADIATION IN 100MGR-500MGR DOSES.**Arina S. Fedotova¹ ✉, Evgenia G. Turitsyna²^{1,2} FSEI HPE Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia¹ krasfas@mail.ru² turitcyna@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. Today the problem of the impact of low doses of ionising radiation on a multicellular organism is of interest among scientists of different scientific fields: in radio ecology, radiobiology, medicine and veterinary science. In accordance with the report of the 57th session of The UN Committee on the effects of atomic radiation in 2010 low doses of ionising radiation for mammals are doses that less than 500mGr/year. The aim of the work is to determine how haematological, biochemical and immunological parameters of cattle peripheral blood will be changed under external «in vitro» gamma radiation in low doses range. Lactating cows blood samples were taken for the work. The cows are kept on the territory of the central parts of Krasnoyarsk krai under the impact of background absorbed dose followed by «in vitro» radiation in 100-500mGr/year range.

Methodology. The object of research is haematological, biochemical and immunological parameters of peripheral blood. The work is done in 2020-2022 in the Department of Internal Non-communicable Diseases, Obstetrics and Physiology of farm animals of the Institute of Applied Biotechnology and Veterinary Medicine Research Center FSBEI HE Krasnoyarsk State Agrarian University. Peripheral blood sampling was carried from a tail vein in vacuum test tubes with coagulation activator.«In vitro» blood samples radiation was held on the facility equipped with 137Cs source. Haematological parameters were determined in accordance with generally accepted methods. Biochemical tests of blood serum are done using a PE-5400UV spectrophotometer. Immunological tests contained determination of phagocytic activity of leukocytes under «in vitro» antigen activation by latex particles.

Results. «In vitro» ionising radiation in doses of 100mGr - 500mGr influences in different directions on haematological, biochemical parameters, reduces phagocytic activity of leukocytes in cattle blood. The results also revealed a reduction of erythrocytes number and a decline in ESR (erythrocyte sedimentation rate). One-time external gamma radiation of cattle peripheral blood in 100mGr dose reduces the total protein content, creatinine and beta globulins. It was also found that under 500mGr/year dose a relative alpha globulin content declines as well as concentration of ALT and ACT. Based on a model «in vitro» impact of sub-clinical doses of ionising radiation on the samples of cattle peripheral blood a linear dependence of creatinine concentration on the value of absorbed dose. Digital values of approximation factor were determined that describe alpha globulin concentration decline as well as beta globulins, ALT and ACT concentration. The constellation of the revealed changes in haematological, biochemical and immunological parameters of the cattle peripheral blood is informative and can serve as an integral prognostic indicator in the evaluation of low doses of ionising radiation impact on a farm animal organism. Specified numerical values of alpha globulins, ALT and ACT approximation factors are of the practical significance and can be applied for radiation dose values reconstruction in low doses range.

Key words: radiation, low doses, absorbed dose, peripheral blood, haematological, biochemical parameters, phagocytic activity of leukocytes

For citation: Fedotova A.S., Turitsyna E.G. Changes in haematological, biochemical and immunological parameters of cow blood under external «in vitro» gamma radiation in 100mGr-500mGr doses.// Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol.15, № 4. P.77-89 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.85.53.011>

Введение

В соответствии с докладом 57 сессии научного комитета ООН (2010 г.) по действию атомной радиации, к малым дозам ионизирующего излучения для млекопитающих относятся дозы менее 500 мГр [1]. Существуют разнополярные взгляды в определении эффектов, возникающих в многоклеточном организме при воздействии ионизирующего излучения в диапазоне малых доз – от теории беспорогового действия радиации на многоклеточный организм до теории радиационного гормона.

Согласно теории линейной беспороговой мо-

дели (LNT) воздействия радиации на многоклеточный организм не существует нижнего порога значения дозы, который определяет возникновение стохастических эффектов. Теория предполагает линейную зависимость между дозой и стохастическим риском для здоровья; ионизирующее излучение потенциально может причинить вред при любом значении дозы. А.В. Яблоков (2002) в работе «Миф о безопасности малых доз радиации» приводит множество литературных данных, подтверждающих отрицательное действие малых доз радиации на гомеостаз организма. Согласно концепции автора, любое дополнительное к зна-



чению природного фона антропогенное излучение является опасным и оказывает негативное действие на организм и потомство. Автор в тесте приводит результаты облучения в малых дозах (1 мГр) организма человека, причем величина аппроксимирующей минимальной дозы по мнению автора составляет 0,05 мГр [2].

В научной литературе имеется достаточно много работ по оценке влияния малых доз радиации на генетический аппарат клеток растений, животных и человека. К основным негативным изменениям относят увеличение числа хромосомных aberrаций и изменение ДНК клеток. Малые дозы влияют на течение беременности и уменьшают плодовитость животных, увеличивают эмбриональную смертность и уродства плода [2].

Согласно концепции радиационного гормезиса, ионизирующее излучение в малых дозах стимулирует воздействие на многоклеточный организм, в результате такого воздействия в тканях и органах формируются благоприятные эффекты. Радиационному гормезису посвящено множество работ [3-6]. Первые экспериментальные работы по определению благоприятного действия на организм млекопитающих проведены в 1948 году К. Ивенсом, который установил, что облучение мышей-самцов в дозе 0,3 мГр/день увеличивало продолжительность их жизни. В 2018 году К.Т. Ишмухаметов, Я.М. Курбангалеев и М.М. Шакуров на научной конференции представили доклад на тему «Использование малых доз ионизирующей радиации для улучшения хозяйственно-полезных качеств молодняка овец». Авторы установили, что облучение ягнят в дозе 0,4 Гр приводит к увеличению живой массы баранчиков на 6-12 % [7].

Характеристики биологического воздействия ионизирующего излучения в диапазоне малых доз на многоклеточный организм приведены в трудах ученых института биохимической физики Российской академии наук им. Н.М. Эмануэля. Выявлено, ионизирующее излучение в малых дозах воздействует на метаболизм многоклеточного организма. В известном диапазоне низкоинтенсивное радиационное воздействие имеет больший биологический эффект, чем острое облучение. Корреляционная зависимость «доза-эффект» при воздействии «in vivo» на многоклеточный организм и в клеточных культурах, облученных «in vitro» в диапазоне малых доз, может иметь многомодальный, нелинейный, характер. Воздействие ионизирующего излучения в диапазоне малых доз потенцирует изменение (как правило, усиление) чувствительности клеток и тканей к действию любых негативных факторов [8].

В настоящее время имеется много научных исследований по оценке влияния радиации на состояние организма, гематологические и биохимические показатели крови сельскохозяйственных и диких животных, находящихся в районах, загрязненных техногенными радионуклидами. А.Г. Кудяшевой (2019) определена изменчивость и гетерогенность значений антиоксидантного статуса в печени различных видов грызунов, находящихся на территории, загрязненной в результате аварии

на Чернобыльской АЭС. В работе установлено, что у мышей зарегистрирован более стабильный состав фосфолипидов печени. Рост гетерогенности ответных реакций и высокая вариабельность показателей являются особенностью влияния малых доз радиации, что приводит к увеличению степени адаптации организмов [9].

Д.Н. Федотовым (2022) определена характеристика морфологических механизмов адаптации эндокринных желез у енотовидной собаки, речной выдры и ежа белогрудого, находящихся в районе Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, определены изменения в щитовидной железе, надпочечниках. Установленные изменения автор относит к адаптационным механизмам сохранения гомеостаза при действии малых доз радиации в зоне радиационного воздействия [10].

С.А. Гераськиным (2021) с соавторами обобщены результаты работы по определению биологических эффектов, возникших при облучении организма продуктивных и непродуктивных животных в результате аварии на Чернобыльской АЭС [11].

Существует много работ по оценке степени влияния радиации на состояние организма, гематологические и биохимические показатели крови сельскохозяйственных и диких животных, находящихся в районах с повышенным (продуктивные животные) или высоким (дикие животные) содержанием техногенных радионуклидов. Ионизирующее излучение даже в малых дозах активно действует на гемопозитическую ткань, изменяет биохимические показатели крови у продуктивных животных [12]. Е.А. Михеева (2006) провела оценку влияния загрязнения почв ¹³⁷Cs на показатели крови молодняка крупного рогатого скота в агробиоценозах Орловской области. Автором установлено, что при удельной активности ¹³⁷Cs в почвах 5 кБк/км² и более в периферической крови уменьшается уровень гемоглобина, увеличивается количество нейтрофилов и базофилов при одновременном уменьшении содержания эозинофилов и моноцитов, выявлен сдвиг лейкоцитарного профиля влево. Малые дозы увеличивают фагоцитарный индекс нейтрофилов венозной крови телок [13]. С.А. Костенко с соавторами (2014) определили, что у молочных коров при экспозиционной дозе 24-96 мкР/час в периферической крови достоверно увеличивается количество В-лимфоцитов [14]. Т.С. Плотко с соавторами (2017) в работе, выполненной в хозяйствах Киевской области (Украина), установили, что при активности суточного рациона 3,45 кБк в крови крупного рогатого скота общее количество лейкоцитов не изменялось, однако в лейкоцитарном профиле крови наблюдались следующие изменения: увеличивалось относительное содержание базофилов, юных нейтрофилов и сокращался уровень палочкоядерных нейтрофилов, уменьшалось количество эозинофилов и снижался фагоцитарный индекс нейтрофилов в крови коров [15].

В научной литературе имеются публикации по оценке влияния малых доз радиации на показатели крови лабораторных животных (мыши, кры-



сы) при различных сценариях облучения. Norio Takahashi с соавторами (2020) в работе на крысах, подвергнутых острому и хроническому гамма-облучению в дозе до 1 Гр, установили связь между радиационным облучением в малых дозах и малой мощности дозы и нарушением кровообращения. Авторами выявлен порог формирования инсульта при дозе 0,1 Гр [16]. Б.П. Суриновым с соавторами (2021) определена иммунореактивность лабораторных мышей, подвергшихся воздействию при облучении в дозах 100 и 400 мГр, и мышей, экспонированных с летучими компонентами мочи облученных особей. Установлено иммуностимулирующее действие летучих компонентов не облученных мышей при дозе 100 мГр на особей, подвергшихся воздействию радиации [17]. А.Н. Старосельская (2021) изучила систему гемостаза у крыс при дозах 4 мГр, 8 мГр и 40 мГр. В результате установлено, что при комбинации гамма-облучения в дозе 4 мГр и 8 мГр, гипероксии и антиортоостатическом вывешивании, происходит адаптация в течение 3 суток. В системе гемостаза фиксировали гиперкоагуляционный синдром, что демонстрировало поражение организма крыс. Гамма-облучение в дозе 40 мГр, гипероксии и антиортоостатическое вывешивание приводило показатели системы гемостаза к значениям нормы на третьи сутки [18].

В настоящее время достаточно работ, отражающих степень влияния ионизирующего излучения в дозах более 1 Гр, тогда как исследований по влиянию поглощенных доз менее 1 Гр на гомеостаз организма сельскохозяйственных животных недостаточно. В оценке малых уровней ионизирующих излучений необходимы экспериментальные исследования и развитие теоретических представлений о механизмах их действия на все уровни организации организма.

А.С. Федотовой в 2021 году начаты исследования по оценке влияния малых поглощенных доз ионизирующего излучения при воздействии «in vitro» на образцы крови. В результате проведенных экспериментов установлено, что при облучении образцов крови крупного рогатого скота в диапазоне малых доз радиации в сыворотке крови увеличивается содержание альфа-глобулинов и снижается число бета-глобулинов в зависимости от величины поглощенной дозы [19]. Позднее А.С. Федотовой с соавторами (2022) выявлено, что воздействие «in vitro» на образцы периферической крови внешнего гамма-излучения в дозах 4 и 5 мГр не изменяет количество форменных элементов крови, но снижает фагоцитарную активность лейкоцитов. Поглощенная доза в 5 мГр уменьшает количество аспартатаминотрансфераз, относительное содержание общего белка и бета-глобулинов, увеличивает относительное содержание альфа-глобулинов [20].

В связи с ограниченным количеством исследований по влиянию сверхмалых поглощенных доз на гомеостаз организма сельскохозяйственных животных существуют трудности с прогнозированием развития эффектов малых поглощенных доз. Оценка степени влияния поглощенных доз

радиации в диапазоне малых доз на организм сельскохозяйственных животных, определение стартовой дозы для запуска процесса изменения гематологических, биохимических и иммунологических показателей крови продуктивных животных относятся к актуальным практическим и фундаментальным направлениям радиозологии.

Цель работы – определить степень воздействия малых поглощенных доз ионизирующего излучения на гематологические, биохимические и иммунологические показатели образцов периферической крови крупного рогатого при облучении «in vitro» в диапазоне доз 100-500 мГр.

В задачи исследования входил отбор проб крови у лактирующих коров, содержащихся под воздействием фоновой поглощенной дозы (0,92 мГр/год); облучение проб «in vitro» в дозах 100-500 мГр на установке, укомплектованной источником ^{137}Cs , с последующим определением фагоцитарной активности, гематологических и биохимических показателей периферической крови.

Методология и методы исследования

Работа выполнена в период с 2020 по 2022 годы на кафедре внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины, а также научно-исследовательского испытательного центра ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Облучение «in vitro» образцов периферической крови лактирующих коров в дозах 100 мГр, 200 мГр, 300 мГр, 400 мГр и 500 мГр проведено на установке, укомплектованной источником ^{137}Cs . Всего исследовано 115 проб крови, 43 пробы служили контролем и не подвергались облучению. Отбор проб периферической крови коров проводили из хвостовой вены в вакуумные пробирки с активатором свертываемости.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) измеряли по методике Панченкова. Определение форменных элементов крови проводили по стандартным методикам. Биохимические исследования сыворотки крови проведены с использованием спектрофотометра ПЭ-5400 уф. Содержание гемоглобина определяли гемоглобинцианидным методом на спектрофотометре с использованием набора «ГЕМОГЛОБИН-ОЛЬВЕКС». Глюкозу оценивали энзиматическим колориметрическим методом без депротеинизации с использованием «Ольвекс» диагностикума. Резервную щелочность устанавливали по методу Раевского. Уровень щелочной фосфатазы исследован унифицированным методом с использованием комплекта реагентов «ЩЕЛОЧНАЯ ФОСФАТАЗА-ВИТАЛ». Содержание аспартатаминотрансфераз (АСТ) и аланинаминотрансфераз (АЛТ) оценивали унифицированным методом Райтмана-Френкеля с применением набора реагентов «АСТ-ВИТАЛ» и «АЛТ-ВИТАЛ». Содержание креатинина регистрировали в реакции Яффе с депротеинизацией, с использованием комплекта реагентов «КРЕАТИНИН-ВИТАЛ». Концентрацию общего белка измеряли биуретовым методом с использованием комплекта «ОБЩИЙ БЕЛОК-ВИТАЛ». Содержание белковых фракций



оценивали нефелометрическим методом.

Фагоцитарную активность лейкоцитов определяли при антигенной активации клеток «in vitro» частицами латекса, опсонизированными белками пуловой сыворотки крови крупного рогатого скота. Образцы крови предварительно окрашивали 0,25 %-м раствором генцианвиолета в 3 %-й уксусной кислоте. Статистическая обработка цифрового материала проведена методом вариационной и корреляционной статистики с помощью прикладных программ Microsoft Office Excel 2007. Различия параметров считали достоверными при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение

Гематологические показатели. Облучение проб крови обусловило изменение ряда гематологических показателей, таких как общее содержание эритроцитов, лейкоцитов, лейкоцитарный профиль, СОЭ.

При облучении проб в дозе 100 мГр в периферической крови уменьшился уровень гемоглобина на 21,19 г/л или 24,9 % ($P < 0,001$); при дозе

200 мГр – на 11,19 г/л или 13 % по сравнению с контрольными пробами ($P < 0,05$). При однократном облучении «in vitro» образцов крови в диапазоне поглощенных доз от 300 мГр до 500 мГр достоверных изменений в содержании гемоглобина не установлено.

Общее содержание эритроцитов сократилось при воздействии на образцы крови субклинических доз облучения (табл. 1). Динамика снижения имела прямую «дозу-зависимость». Количество эритроцитов при облучении в дозе 100 мГр уменьшалось на $0,50 \times 10^{12}$ клеток/л или 9,5 % ($P < 0,05$), при дозе 200 мГр – на $1,37 \times 10^{12}$ клеток/л или 26,1 % ($P < 0,01$), при воздействии дозы 300 мГр – $1,91 \times 10^{12}$ клеток/л или 36,4 % ($P < 0,001$) по сравнению с контрольными значениями. Наиболее ярко эритроцитопения проявилась при облучении 400-500 мГр. Содержание эритроцитов в образцах крови снижалось при облучении 400 мГр на $1,98 \times 10^{12}$ клеток/л или 37,7 %, при дозе 500 мГр – на $2,1 \times 10^{12}$ клеток/л или 40 % относительно данных контроля ($P < 0,001$).

Таблица 1 – Гематологические показатели образцов периферической крови коров при облучении «in vitro»

Доза, мГр (кол-во образцов)	Лейкоциты, $\times 10^9$ кл./л	Гемоглобин, г/л	Эритроциты, $\times 10^{12}$ кл./л	СОЭ, мм/час
контроль (n=43)	7,21 \pm 0,38	85,19 \pm 3,72	5,25 \pm 0,20	0,41 \pm 0,08
100 (n=12)	7,54 \pm 0,8	64,00 \pm 2,0***	4,75 \pm 0,1*	0,15 \pm 0,1**
200 (n=14)	7,37 \pm 1,9	74,00 \pm 7,0*	3,88 \pm 0,5**	0,20 \pm 0,1*
300 (n=14)	6,03 \pm 0,2**	88,28 \pm 6,0	3,34 \pm 0,1***	0,23 \pm 0,1*
400 (n=14)	6,46 \pm 0,5	99,01 \pm 7,2	3,27 \pm 0,2***	0,18 \pm 0,1***
500 (n=18)	7,63 \pm 0,3	83,82 \pm 2,5	3,15 \pm 0,1***	0,20 \pm 0,1*

Здесь и далее: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$ по отношению к контролю

Малые дозы ионизирующего излучения влияли на показатели СОЭ. Установлено, что при облучении в дозе 100 мГр значение СОЭ уменьшалось на 0,26 мм/час или в 2,7 раза относительно данных контроля ($P < 0,01$). Однократное гамма-облучение в дозе 200 мГр ускоряло СОЭ в пробах крови в 2,1 раза или на 0,21 мм/час ($P < 0,05$), при дозе 300 мГр в 1,8 раза или на 0,18 мм/час ($P < 0,05$), при дозе 400 мГр в 2,3 раза или на 0,23 мм/час ($P < 0,001$), при дозе 500 мГр в 2,1 раза или 0,21 мм/час ($P < 0,05$). Таким образом, динамика изменений СОЭ не имела зависимости «доза-эффект», но соответствовала теории нелинейной бимодальной зависимости изменений показателей крови при действии малых доз ионизирующего излучения [4, 8].

Наибольшую устойчивость к воздействию малых доз при облучении «in vitro» показали лейкоциты. Достоверное снижение количества лейкоцитов на $1,18 \times 10^9$ клеток/л или на 16,4 % относительно контрольных значений ($P < 0,01$) установлено толь-

ко при дозе 300 мГр. Количество лейкоцитов в образцах крови при воздействии гамма-облучения в дозе 100 мГр, 200 мГр, 400 мГр, 500 мГр находилось в одном диапазоне изменчивости и статистически не отличалось от контроля. Однако нами зарегистрировано изменение клеточного состава лейкоцитов, прежде всего, нейтрофильных гранулоцитов (табл. 2).

Содержание нейтрофильных гранулоцитов в периферической крови при облучении «in vitro» в субклинических дозах имело характерные особенности, обусловленные увеличением относительного содержания палочкоядерных нейтрофилов, при одновременном сокращении сегментоядерных клеток. При облучении проб крови в диапазоне доз от 100 до 500 мГр юные формы нейтрофилов отсутствовали, что подтверждает гипотезу о радиочувствительности этого вида клеток к повреждающему действию ионизирующего излучения (табл.2).

Таблица 2. – Лейкоцитарный профиль крови коров при облучении «in vitro», %

Доза, мГр (кол-во образцов)	Нейтрофилы			Лимфоциты	Моноциты
	Юные	Палочко-ядерные	Сегменто-ядерные		
контроль (n=43)	1,17 \pm 0,06	3,95 \pm 0,25	24,03 \pm 1,44	63,28 \pm 1,32	2,32 \pm 0,23
100 (n=12)	0	11,13 \pm 1,48***	7,50 \pm 1,37***	78,50 \pm 2,14***	1,33 \pm 0,20**



Продолжение таблицы 2

200 (n=14)	0	12,25±1,76***	18,50±1,69*	63,75±3,83	2,00±0,38
300 (n=14)	0	16,28±1,49***	13,28±3,22**	63,85±4,57	3,25±0,46*
400 (n=14)	0	15,10±2,10***	12,60±2,51***	68,40±4,02	1,50±0,31*
500 (n=18)	0	22,38±2,90***	15,13±2,05**	58,63±4,49	1,67±0,20*

При облучении проб крови «in vitro» выявлено достоверное повышение относительного содержания палочкоядерных нейтрофилов ($P < 0,001$), которое не имело прямой доза-зависимости. Количество палочкоядерных нейтрофилов при дозе 100 мГр увеличилось в 2,8 раза; 200 мГр – 3,1 раза; 300 мГр – 4,1 раза; 400 мГр – 3,8 раза; 500 мГр – 5,7 раза относительно данных контроля ($P < 0,001$). Максимальный рост уровня палочкоядерных нейтрофилов зарегистрирован при дозах 300 мГр и 500 мГр. Наряду с увеличением относительного содержания палочкоядерных нейтрофилов в крови наблюдалось снижение сегментоядерных клеток. Относительное количество сегментоядерных нейтрофилов уменьшилось при облучении в дозе 100 мГр в 3,2 раза ($P < 0,001$), при воздействии дозы 200 мГр в 1,3 раза ($P < 0,05$). При поглощенной дозе в 300 мГр относительное число сегментоядерных нейтрофилов понизилось в 1,8 раза ($P < 0,01$), при дозе 400 мГр в 1,9 раза ($P < 0,001$) и при облучении в 500 мГр в 1,6 раза ($P < 0,01$) по сравнению с контрольными значениями. В уменьшении относительного количества сегментоядерных нейтрофилов не выявлена прямая доза-зависимость. Наибольшее сокращение количества клеток установлено при дозе 100 мГр. Подобное явление описано в ряде ли-

тературных источников, описывающих динамику нейтрофилов при облучении животных [4].

При облучении образцов периферической крови лактирующих коров в дозе 100 мГр регистрировали лимфоцитоз, относительное содержание клеток при этом увеличивалось на 15,22 % ($P < 0,01$). Эффект лимфоцитоза, очевидно, обусловлен снижением уровня других форм лейкоцитов, а не активацией лимфопоэза. Воздействие «in vitro» на образцы крови дозами от 200 до 500 мГр не изменяло содержание лимфоцитов относительно значений контроля, что свидетельствовало о высокой радиорезистентности лимфоцитов по сравнению со зрелыми нейтрофильными гранулоцитами (табл. 2). При облучении образцов крови в дозе 100 мГр содержание моноцитов снижалось на 0,9 % ($P < 0,01$), при дозе 400 мГр – на 0,73 % ($P < 0,05$) относительно контрольной группы. При облучении образцов крови в дозе 400 мГр установлено увеличение количества моноцитов на 0,9 % по сравнению с результатами контрольной группы ($P < 0,05$); вероятно, причиной моноцитоза, также как и лимфоцитоза, являлось уменьшение других форм лейкоцитов.

При воздействии субклинических доз радиации достоверно изменялось относительное содержание эозинофилов (рис. 1).

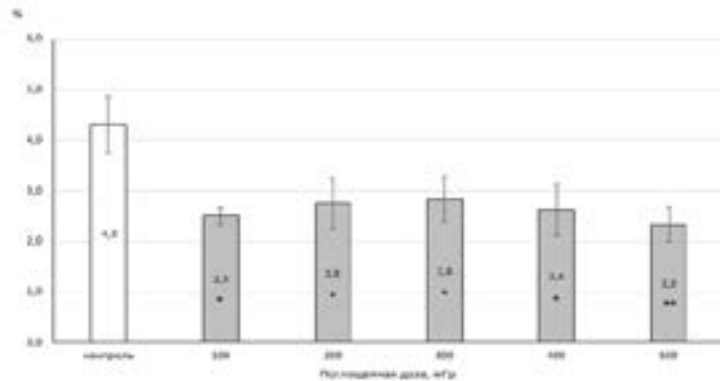


Рис. 1 – Содержание эозинофилов в образцах крови при облучении «in vitro»: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; по сравнению с контрольными данными
Fig. 1 - The content of eosinophils in blood samples during "in vitro" irradiation: * – $P < 0.05$; ** – $P < 0.01$; compared to control data

При внешнем гамма-облучении в диапазоне 100-500 мГр регистрировалось достоверное снижение содержания эозинофилов относительно фоновых контрольных значений (0,92 мГр), падение их уровня составило при дозах: 100 мГр – 3,04 %; 200 мГр – 1,58 %; 300 мГр – 1,5 %; 400 мГр – 1,7 %; 500 мГр – 2 %. Относительное содержание базофилов при облучении проб крови в диапазоне 100-500 мГр не изменялось относительно контрольных значений и находилось в одном диапазоне изменчивости.

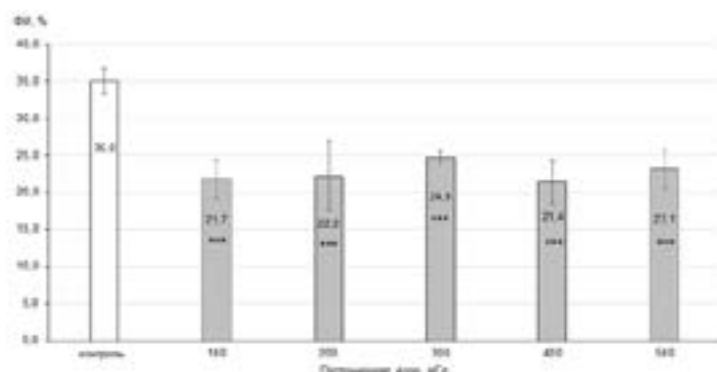
Таким образом, облучение «in vitro» в дозах от 100 мГр до 500 мГр проб крови крупного рогатого скота разнонаправленно влияет на гематологические показатели, что характеризуется резким сокращением содержания эритроцитов и ускорением СОЭ, изменением клеточного состава

лейкоцитов, при неизменном общем содержании белых клеток крови. При воздействии радиации в субклинических дозах (100-500 мГр) поступательно сокращается содержание эозинофилов, сегментоядерных нейтрофильных гранулоцитов и отсутствуют юные формы нейтрофилов, что свидетельствует о высокой чувствительности этих клеток к гамма-облучению. Снижение уровня сегментоядерных нейтрофилов при всех дозах облучения происходит за счет роста количества менее зрелых палочкоядерных нейтрофилов. Базофилы крови обладают устойчивостью к внешнему гамма-излучению. Совокупность выявленных изменений клеточного состава крови является информативной и может служить интегральным прогностическим показателем в оценке влияния малых доз на состояние кроветворной системы



организма животных.

Иммунологические показатели. Одним из важных иммунологических показателей организма является фагоцитарная активность лейкоцитов крови, которая отражает функциональное состояние фагоцитов и характеризуется их способностью поглощать опсонизированные частицы латекса. Нами установлено, что внешнее воздействие ионизирующего излучения на пробы крови в дозах 100-500 мГр снижало поглощающую способность фагоцитов крови относительно частиц латекса



Установлено что в динамике снижения фагоцитарного индекса не выявлена зависимость «доза-эффект», наибольшее снижение регистрировалось при дозах 100 мГр и 400 мГр. Динамика изменений показателей фагоцитарного индекса имеет бимодальное распределение с модой, принадлежащей дозам 300 мГр и 500 мГр. Данное распределение является характерным при воздействии малых доз на биологические объекты. Эффект нелинейной бимодальной зависимости подразумевает существование разрыва между значениями доз, провоцирующих повреждение в биологических структурах и инициирующих процессы восстановления. Таким образом, пока процессы восстановления не активны, с увеличением дозы нарастает биоэффект, в последующее время за счет активизации процессов восстановления биологический эффект может сохраниться или снижаться вплоть до элиминирования, может изменить свой знак и опять нарастать с повышением значения поглощенной дозы [4, 8]. Снижение активности фагоцитов крови, возникающее под влиянием субклинических доз ионизирующего излучения, является негативным последствием облучения и свидетельствует о сокращении возможностей неспецифической резистентности организма и развитии недостаточности клеточного звена иммунной системы.

Биохимические показатели. При действии «in vitro» внешнего гамма-облучения на образцы периферической крови коров установлены достоверные изменения таких биохимических показателей как уровень аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспаратаминотрансферазы (АСТ), креатинина и белковых фракций.

Уровень резервной щелочности при облучении проб в дозе 100 мГр составлял $200,50 \pm 0,50$

($P < 0,001$). На рисунке 2 представлена динамика изменений показателей фагоцитарного индекса клеток при воздействии ионизирующего излучения на образцы крови. Фагоцитарный индекс клеток в образцах периферической крови при облучении в дозе 100 мГр сокращался на 38 %, при дозе 200 мГр – на 36,6 %, при облучении в дозе 300 мГр – на 29,7 %. Внешнее однократное облучение проб крови в дозе 400 мГр уменьшало значение фагоцитарного индекса на 38,9 %, при дозе 500 мГр – на 34 % по сравнению с данными контроля.

Рис. 2 – Фагоцитарный индекс лейкоцитов крови при облучении «in vitro»: *** – $P < 0,001$ по сравнению с контрольными данными

Fig. 2 - Phagocytic index of blood leukocytes during "in vitro" irradiation: *** – $P < 0.001$ compared to control data

мг%, что ниже в 1,3 раза ($P < 0,05$) по отношению к контрольным значениям ($250,65 \pm 0,5$ мг%). При облучении крови в диапазоне доз от 100 мГр до 500 мГр не выявлено изменений в концентрации глюкозы и щелочной фосфатазы. Содержание глюкозы в контрольных пробах и пробах, подвергнутых облучению в субклинических дозах, статистически не различалось и находилось в диапазоне от 1,42 до 4,2 ммоль/л, среднее содержание глюкозы в пробах составляло $2,40 \pm 0,54$ ммоль/л. Концентрация щелочной фосфатазы во всех пробах находилась в диапазоне значений от 125,86 до 581,27 нмоль/с*л, в среднем значения составляли $307,20 \pm 108,17$ нмоль/с*л.

При воздействии дозы 500 мГр концентрация мочевины составляла $2,70 \pm 0,17$ ммоль/л, что в 1,3 раза ниже данных контрольных значений ($P < 0,05$). Содержание мочевины при облучении проб крови в дозе 100-400 мГр варьировалось от 3,07 до 4,45 ммоль/л и достоверно не отличалось от данных контрольной группы ($3,60 \pm 0,33$ ммоль/л).

Концентрация мочевой кислоты при воздействии облучения «in vitro» в дозах 100-500 мГр достоверно не отличалась по отношению к контрольным значениям ($168,13 \pm 15,32$ мкмоль/л) и находилась в пределах $134,31 \pm 73,73$ - $186,41 \pm 22,60$ мкмоль/л.

При гамма-облучении в дозе 100 мГр концентрация общего белка относительно контрольных значений достоверно ($P < 0,001$) снижалась на 13,4 %. При воздействии ионизирующего излучения в дозе от 200 мГр до 500 мГр содержание общего белка находилось в одном диапазоне изменчивости с контрольными данными (табл. 3). Общий белок включает несколько фракций, имеющих разное функциональное значение в организме: альбумины, альфа-, бета- и гамма-глобулины.



Таблица 3 – Биохимические показатели проб крови при облучении «in vitro»

Поглощенная до-за, мГр	Общий белок, г/л	Альбумин, %	Альфа-глобулины, %	Бета-глобулины, %	Гамма-глобулины, %
контроль (n=43)	74,55±2,2	39,89±1,9	16,18±0,7	18,27±1,2	25,66 ±1,3
100 (n=12)	64,54±1,4***	43,65±1,4	19,39±1,8	10,05±0,3***	26,93±3,5
200 (n=14)	79,56±1,2	43,85±1,1	11,15±1,5**	18,10±1,9	26,91±3,1
300 (n=14)	78,29±1,2	42,99±1,9	9,13±1,1***	17,88±1,3	27,92±1,9
400 (n=14)	77,28±1,2	44,27±1,2	9,69±0,9***	19,60±0,8	26,44±1,7
500 (n=18)	72,20±2,5	44,07±1,7	9,42±1,0***	17,76±0,9	28,75±2,1

Относительное содержание альбуминов при облучении проб крови в дозах 100-500 мГр принадлежало одному диапазону изменчивости и не имело достоверных статистических отличий от данных контроля.

При воздействии ионизирующего излучения в дозе 100 мГр относительное содержание альфа-глобулинов в среднем составляло 19,08±1,63 % и не отличалось от значений контроля (16,18±0,70%). При дальнейшем увлечении дозы облучения регистрировалось падение уровня альфа-глобулинов в пробах; при поглощенной дозе 200 мГр относительное содержание альфа-глобулинов уменьшалось на 31,1 % относительно данных контроля ($P<0,01$). При облучении в дозе 300 мГр относительное содержание альфа-глобулинов снижалось на 43,6 %, при дозе 400 мГр на 40,1 %, при дозе в 500 мГр на 41,8 % по сравнению с контрольными значениями ($P<0,001$). При дозе 100 мГр уровень бета-глобулинов уменьшался на 44,9 % по сравнению с данными контроля ($P<0,001$). Увеличение дозы облучения не приводило к изменению значений бета-глобулинов. При дозах в диапазоне от 200 мГр до 500 мГр относительное содержание бета-глобули-

нов принадлежало диапазону 17,76-19,60 % и статистически не отличалось от значений контроля. Выявлена высокая степень резистентности к ионизирующему воздействию у гамма-глобулинов, их количество при облучении в дозах 100-500 мГр не изменялось относительно контрольных значений (25,66±1,34 %), находилось в диапазоне от 21,84 % до 28,75 % (табл. 3).

При облучении «in vitro» пробы крови в дозе 100 мГр концентрация АЛТ находилась в пределах контрольных значений и статистически не различалась (табл.4). Субклинические дозы ионизирующего излучения в диапазоне 200-500 мГр снижали концентрацию фермента аланинаминотрансферазы (АЛТ). При дозе 200 мГр концентрация АЛТ достоверно снижалась на 0,09 мкмоль/(с×л) или 60 % относительно данных контроля ($P<0,001$), при дозе 300 мГр – на 0,07 мкмоль/(с×л) или на 46,7 %, при дозе 400 мГр – на 0,07 мкмоль/(с×л) или 40 % ($P<0,01$). При воздействии дозы в 500 мГр величина АЛТ снижалась на 0,1 мкмоль/(с×л) или 66,7 % ($P<0,001$) по сравнению с контрольными значениями (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание АЛТ, АСТ и креатинина в периферической крови при облучении «in vitro»

Поглощенная доза, мГр	АЛТ, мкмоль/(с×л)	АСТ, мкмоль/(с×л)	Креатинин, мкмоль/л
контроль (n=43)	0,15±0,02	0,74±0,09	172,38±7,09
100 (n=12)	0,24±0,08	0,60±0,06	150,34±3,88**
200 (n=14)	0,06±0,01***	0,22±0,02***	155,70±1,66*
300 (n=14)	0,08±0,01**	0,58±0,03	165,05±3,82
400 (n=14)	0,09±0,01**	0,61±0,04	162,66±4,51
500 (n=18)	0,05±0,01***	0,09±0,01***	171,30±4,32

Воздействие ионизирующего излучения на пробы крови в дозе 100 мГр не изменяло концентрацию АСТ относительно данных контроля (0,74±0,09), при этой дозе содержание АЛТ находилось в диапазоне значений 0,60-0,89 мкмоль/(с×л). Увеличение дозы внешнего облучения до 200 мГр уменьшало содержание АСТ на 0,52 мкмоль/(с×л) или на 70 % по сравнению с контрольными значениями ($P<0,001$). Однако дозы облучения 300 мГр и 400 мГр не влияли на концентрацию аспаратаминотрансферазы в пробах крови, при этих дозах содержание АСТ в среднем составляло 0,60±0,04 мкмоль/(с×л) и статистически не отличалось от контрольных данных. При облучении проб крови в дозе 500 мГр установлено резкое падение содержания АСТ на 0,70 мкмоль/(с×л) или на 87,8 %.

Содержание креатинина в пробах крови, подвергнутых облучению в дозах 100 мГр и 200 мГр,

снижалось по отношению к контрольным значениям, при дозе 100 мГр регистрировалось снижение на 12,8 % или на 22,04 мкмоль/(с×л) по отношению к контрольным значениям ($P<0,01$). При облучении проб крови в дозе 200 мГр установлено минимальное снижение количества креатинина на 9,8 % или на 16,68 мкмоль/(с×л) относительно данных контроля ($P<0,05$). Дальнейшее увеличение дозы ионизирующего воздействия на образцы крови не приводило к изменению креатинина в пробах, при облучении 300-500 мГр содержание фермента находилось в диапазоне 162,66-171,30 мкмоль/(с×л) и статистически не отличалось от контрольной величины.

На основании полученных данных проведен частотный анализ результатов и установлено, что биохимические показатели имеют различную радиочувствительность. Изменение ферментов при воздействии малых поглощенных доз имело по-



линомиальный характер с экстремумами в дозах 200 мГр и 500 мГр, за исключением распределения показателей креатинина. Динамика распределения значений креатинина имела экспоненциальный характер, с величиной достоверности

аппроксимации $R^2=0,87$, с увеличением дозы ионизирующего излучения количество креатинина в пробах крови медленно восстанавливалось до значений контроля (рис. 3)

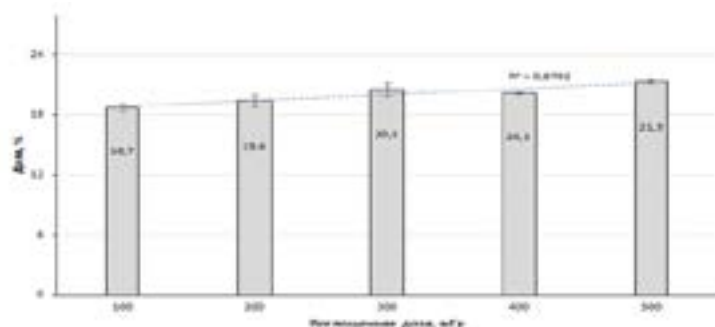


Рис. 3 – Частотное распределение концентрации креатинина в крови при воздействии «in vitro»
Fig.3 – Frequency distribution of creatinine concentration in the blood under the influence of "in vitro"

Динамика распределения значений аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы в пробах периферической крови представлена на рисунке 4.

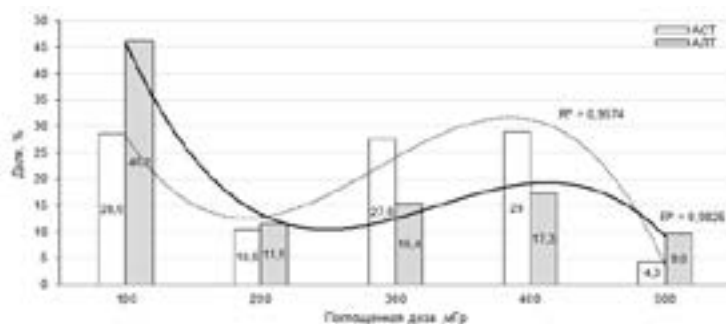


Рис. 4 – Частотное распределение АСТ и АЛТ в крови при воздействии «in vitro»
Fig. 4 – Frequency distribution of AST and ALT in the blood under the influence of "in vitro"

Динамика распределений значений АСТ и АЛТ имела полиномиальный тренд. Установлено что коэффициент аппроксимации полиномиального тренда АСТ – 0,96, что демонстрировало высокую степень соответствия, для аланинаминотрансферазы $R^2=0,98$, это указывало на наличие сильной степени согласованности полученной зависимо-

сти с результатами. В полиномиальном тренде данных минимальные экстремумы зарегистрированы в распределении АСТ и АЛТ при дозах 200 мГр и 500 мГр.

Динамика распределений альфа- и бета-глобулинов в периферической крови представлена на рисунке 5.

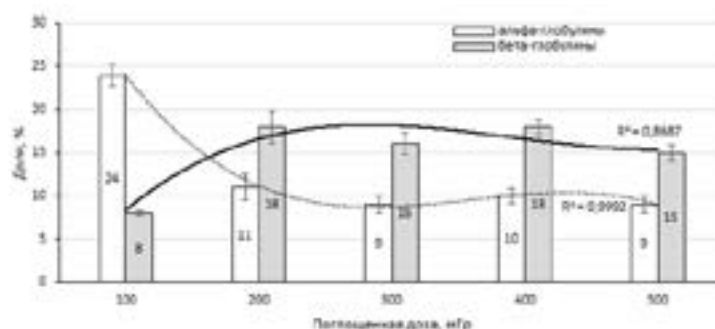


Рис. 5 – Содержание альфа-, бета-глобулинов в крови при воздействии «in vitro»
Fig. 5 – The content of alpha-, beta-globulins in the blood under the influence of "in vitro"

Распределение концентрации альфа-бета-глобулинов имело полиномиальный тренд. Установлено, что коэффициент аппроксимации полиномиального тренда альфа-глобулинов составлял 0,99, что демонстрировало сильную степень соответствия, для бета-глобулинов $R^2=0,87$, это указывало на наличие высокой степени согласованности полученной зависимости с данными. В полиномиальном тренде данных минимальные экстремумы зарегистрированы в распределении альфа-глобулинов при дозах 300 мГр и 500 мГр, бета-глобулинов – 100 мГр и 500 мГр.

Таким образом, модельное воздействие суб-

клинических доз ионизирующего излучения на образцы периферической крови крупного рогатого скота «in vitro» вызывает разнонаправленные изменения биохимических показателей: снижение уровня альфа-глобулинов при дозах 300 мГр и 500 мГр ($R^2=0,99$); сокращение количества бета-глобулинов при дозах 100 мГр и 500 мГр ($R^2=0,87$); уменьшение концентрации АСТ при дозах 200 и 500 мГр ($R^2=0,96$) и АЛТ при дозах 200 мГр и 500 мГр ($R^2=0,98$); снижение содержания креатинина при дозах 1,33-200 мГр ($R^2=0,79$). Установлена стабильность показателей общего белка, гамма-глобулинов, глюкозы и щелочной фосфатазы



при воздействии на образцы крови коров субклинических доз ионизирующего излучения «in vitro» в диапазоне 100-500 мГр.

Закключение

В результате моделируемого воздействия ионизирующего излучения в дозах от 100 мГр до 500 мГр на образцы крови крупного рогатого скота «in vitro» установлено снижение содержания эритроцитов, ускорение СОЭ и отсутствие изменений общего содержания лейкоцитов. Полученные данные полностью согласуются с результатами оценки воздействия малых доз радиации на организм коров в работе Т.С. Плотко с соавторами (2017), которые регистрировали в периферической крови коров при влиянии малых доз (15 мкР/ч) ионизирующего излучения [15]. Выявленный характер колебаний подтверждает теорию бимодального развития радиобиологических эффектов в тканях при действии ионизирующего излучения в малых дозах, выдвинутую Е.Б. Бурлаковой (1999) и подробно описанную Ю.П. Чуковой (2020) [4, 8].

В образцах периферической крови при внешнем облучении «in vitro» в дозах 100-500 мГр выявлена устойчивая эритроцитопения, которая имела зависимость «доза-эффект». Необходимо отметить, что это явилось исключением, так как в динамике всех остальных показателей подобной зависимости не установлено. При облучении проб крови «in vitro» уменьшалась фагоцитарная активность лейкоцитов, это указывало на снижение неспецифической резистентности организма и развитие недостаточности клеточного звена иммунной системы организма.

Модельное воздействие субклинических доз ионизирующего излучения «in vitro» на образцы крови лактирующих коров вызывало волнообразное колебание АСТ, АЛТ, глобулинов. Подобные изменения подтверждают теорию нелинейной бимодальной зависимости показателей при действии субклинических доз радиации на организм животных.

Однократное внешнее гамма-облучение проб периферической крови коров в дозе 100 мГр не влияло на содержание альбуминов, альфа-глобулинов, гамма-глобулинов, АСТ, АЛТ. В то же время при этой дозе уменьшалось содержание общего белка, креатинина и бета-глобулинов. Наши данные согласуются с результатами, полученными Л.М. Пивинной с соавторами (2018), которые установили отсутствие изменений в концентрации ферментов АЛТ и АСТ при малых дозах облучения. Однако, установленное нами снижение общего белка при облучении в дозе 100 мГр не соответствует данным Л. М. Пивинной [21]. При облучении в дозе 500 мГр снижалось относительное содержание альфа-глобулинов, концентрации АЛТ и АСТ. В литературном обзоре А. Баурджан с соавторами (2020) приведены данные, что при облучении крыс в дозе 6 Гр увеличивалась концентрация АСТ и АЛТ и щелочной фосфатазы [22]. В настоящей работе установлено, что при воздействии дозы в 500 мГр в периферической крови не

изменялось содержание креатинина, общего белка, альбуминов и бета- гамма-глобулинов.

На основании модельного «in vitro» воздействия субклинических доз ионизирующего излучения на образцы периферической крови лактирующих коров установлена линейная зависимость некоторых биохимических показателей. Установлены цифровые значения коэффициента аппроксимации, описывающие снижение концентрации альфа-глобулинов ($R^2=0,99$), бета-глобулинов ($R^2=0,87$), АСТ ($R^2=0,96$) и АЛТ ($R^2=0,98$). При анализе частотного распределения концентрации креатинина выявлена прямая линейная зависимость между устойчивостью фермента и поглощенной дозой ($R^2=0,87$).

Совокупность выявленных изменений гематологических и биохимических показателей периферической крови является информативной и может служить интегральным прогностическим показателем в оценке влияния малых доз на состояние кроветворной системы организма животных.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 23-26-10018, Красноярского краевого фонда науки «Прогнозирование реакции сельскохозяйственных животных на низкоинтенсивную радиацию и применение радиопротекторов. Экспрессный биolumинесцентный скрининг радиобиологических эффектов».

Список источников

1. Report of United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010. United nations publication. New York. 2011. S.106.
2. Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации: Атомная мифология. М.: Центр экологической политики России, ООО «Проект-Ф», 2002. 145с.
3. Vaiserman A, Cuttler JM, Socol Y. Biogerontology // Low-dose ionizing radiation as a hormetin: experimental observations and therapeutic perspective for age-related disorders. 2021. №22 (2). S.145-164. DOI: 10.1007/s10522-020-09908-5.
4. Чукова Ю.П. Радиационный гормезис: физический смысл и значимость для естествознания // Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве: сборник докладов международной научно-практической конференции, Обнинск, 16-18 сентября 2020 г. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ. 2020. С. 103-109.
5. Jargin S.V. // Front Public Health. Radiation safety and hormesis. 2020. V. 8:278. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00278.
6. Shibamoto Y., Nakamura H. // International journal of molecular sciences. Overview of biological, epidemiological, and clinical evidence of radiation hormesis. 2018. Vol. 19. No. 8. P. 2387.
7. Курбангалеев Я.М., Шакуров М.М., Ишмухаметов К.Т. Использование малых доз ионизирующей радиации для улучшения хозяйственно-полезных качеств молодняка овец // Сборник докладов международной научно-практической конференции, Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. С. 207-209



8. Бурлакова Е.Б. Чернобыль, малые дозы радиации // Биологические эффекты малых доз ионизирующей радиации и радиоактивное загрязнение среды: Материалы Международной конференции (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 17–21 марта 2014 г.). Сыктывкар, 2014. С.27-30.
9. Кудяшева А.Г. Изменчивость антиоксидантного статуса мелких млекопитающих в условиях техногенного радиоактивного загрязнения среды обитания // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21. № 2. С.113-120.
10. Федотов Д.Н. Особенности морфологических механизмов адаптаций эндокринных желез у млекопитающих на территории высокого радиоактивного загрязнения и снятия антропогенной нагрузки // Ученые записки УО ВГАВМ. 2022. Т. 58. Вып. 2. С.23-26. DOI 10.52368/2078-0109-58-2-23-26.
11. Гераськин С. А., Фесенко С. В., Волкова П. Ю., Исамов Н. Н. Что мы узнали о биологических эффектах облучения в ходе 35-летнего анализа последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61. №3. С 234-260.
12. Кругликов Б.П. и др. Физиологическое состояние и продуктивные качества сельскохозяйственных животных, длительно содержащихся на загрязненной радионуклидами территории // Первая Всесоюзная конференция Ядерного общества СССР. Обнинск 26-29 июня 1990 г.: Сб. докл. М., 1990. Т. 2. - С. 96-98.
13. Михеева Е.А. Влияние малых доз ионизирующего излучения на показатели крови крупного рогатого скота // Зоотехния. 2006. № 7. С.24-26.
14. 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.
15. Плотно Т.С., Славов В.П., Дедух Н.И. Оценка естественной резистентности коров в зоне радиоактивного загрязнения Киевского полесья в отдаленный период после аварии на ЧАЭС // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. №20-2. С 226-233
16. Norio Takahashi, Munechika Misumi, Hideko Murakami, Yasuharu Niwa, Waka Ohishi, Toshiya Inaba, Akiko Nagamachi and Gen Suzuki // Journal of Radiation Research. Association between low doses of ionizing radiation, administered acutely or chronically, and time to onset of stroke in a rat model. 2020. Vol. 61. No. 5. pp. 666-673. DOI: 10.1093/jrr/rraa050.
17. Суринов Б. П., Исаева В. Г., Духова Н. Н., Шарецкий А. Н. Изменение иммуномодулирующих и аттрактивных свойств летучих выделений мышей после радиационного воздействия или индукции «эффекта свидетеля» // Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61. №1. С 5-13. DOI: 10.31857/S0869803121010100.
18. Старосельская А. Н. Влияние на гемостаз малых доз ионизирующей радиации с индукторами окислительного стресса нелучевой природы // Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61. №1. С. 25-31. DOI: 10.31857/S0869803120060211.
19. Федотова А.С. Изменение биохимических показателей крови при воздействии «in vitro» малых доз радиации // Актуальные вопросы ветеринарных и сельскохозяйственных наук: мат-лы. национальной (Всероссийской) науч. конф. института ветеринарной медицины. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2021. С 81-86.
20. Федотова А.С., Жигарев А.А., Макарская Г.В. Радиобиологические эффекты в периферической крови крупного рогатого скота при поглощенных дозах 4 и 5 мГр // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак почета» Государственная академия ветеринарной медицины. 2022. Т.58, выпуск 3. С 65-73. DOI 10.52368/2078-0109-2022-58-3-65-73.
21. Пивина Л.М., Семенова Ю.М., Ерсин Т.Ж., и др. Оценка биохимических показателей, характеризующих состояние здоровья населения восточно-казахстанской области, подвергшегося радиационному воздействию вследствие испытаний ядерного оружия // Наука и здравоохранение. 2018. Т. 20. № 5. С.105-114
22. Бауржан А., Кайрханова Ы.О., Пак Л., и др. Изменение биохимических показателей крови экспериментальных животных после воздействия ионизирующего излучения // Медицинский журнал. Астана. 2020. №1 (103). С. 30-36.

Вклад авторов:

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

References

1. Report of United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010. United nations publication. New York. 2011. S.106.
2. Yablokov A.V. Mif o bezopasnosti malykh doz radiatsii: Atomnaya mifologiya. – M.: Tsentr ekologicheskoy politiki RPossii, ООО «Proekt-F», 2002. 145s.
3. Vaiserman A, Cuttler JM, Socol Y. Biogerontology // Low-dose ionizing radiation as a hormetin: experimental observations and therapeutic perspective for age-related disorders. 2021. №22 (2). S.145-164. DOI: 10.1007/s10 522-020-09908-5.
4. Chukova Yu.P. Radiatsionnyy gormezis: fizicheskiy smysl i znachimost' dlya estestvoznaniya // Yadernofizicheskie issledovaniya i tekhnologii v sel'skom khozyaystve: sbornik dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Obninsk, 16-18 sentyabrya 2020 g. Obninsk: FGBNU VNIIRAE. 2020. S. 103-109.
5. Jargin S.V. // Front Public Health. Radiation safety and hormesis. 2020. V. 8:278. DOI: 10.3389/



pubh.2020.00278.

6. Shibamoto Y., Nakamura H. // *International journal of molecular sciences. Overview of biological, epidemiological, and clinical evidence of radiation hormesis*. 2018. Vol. 19. No. 8. P. 2387.

7. Kurbangaleev Ya.M., Shakurov M.M., Ishmukhametov K.T. *Ispol'zovanie mal'nykh doz ioniziruyushchey radiatsii dlya uluchsheniya khozyaystvenno-poleznykh kachestv molodnyaka ovets // Sbornik dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Obninsk, 26-28 sentyabrya 2018 g. Obninsk: FGBNU VNIIRAE, 2018. S. 207-209*

8. Burlakova E.B. *Chernobyl', mal'ye dozy radiatsii // Biologicheskie efekty mal'nykh doz ioniziruyushchey radiatsii i radioaktivnoe zagryaznenie sredey: Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii (Syktyvkar, Respublika Komi, Rossiya, 17-21 marta 2014 g.)*. Syktyvkar, 2014 S.27-30.

9. Kudyasheva A.G. *Izmenchivost' antioksidantnogo statusa melkikh mlekopitayushchikh v usloviyakh tekhnogenno radioaktivnogo zagryazneniya sredey obitaniya // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2019. T. 21. № 2. S.113-120.

10. Fedotov D.N. *Osobennosti morfologicheskikh mekhanizmov adaptatsiy endokrinnykh zhelez u mlekopitayushchikh na territorii vysokogo radioaktivnogo zagryazneniya i snyatiya antropogennoy nagruzki // Uchenye zapiski UO VGAVM*. 2022. T. 58. Vyp. 2. S.23-26. DOI 10.52368/2078-0109-58-2-23-26.

11. Geras'kin S. A., Fesenko S. V., Volkova P. Yu., Isamov N. N. *Chto my uznali o biologicheskikh effektakh oblucheniya v khode 35-letnego analiza posledstviy avarii na Chernobyl'skoy AES // Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2021. T. 61. №3. S 234-260.

12. Kruglikov B.P. i dr. *Fiziologicheskoe sostoyanie i produktivnye kachestva sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh, dlitel'no sodержashchikhsya na zagryaznennoy radionuklidami territorii //Pervaya Vsesoyuznaya konferentsiya Yadernogo obshchestva SSSR. Obninsk 26-29 iyunya 1990g.: Sb. dokl. - M., 1990. - T. 2. -S. 96-98.*

13. Mikheeva E.A. *Vliyanie mal'nykh doz ioniziruyushchego izlucheniya na pokazateli krovi krupnogo rogatogo skota // Zootekhnika*. – 2006. – № 7. – S.24-26.

14. Kostenko S.A., Fedorova E.V., Dzhus P.P. i dr. *Monitoring tsitogeneticheskikh pokazateley somaticheskogo mutageneza mlekopitayushchikh v usloviyakh khronicheskogo nizkodozovogo oblucheniya // Materialy mezhdunarodnoy konferentsii Biologicheskie efekty mal'nykh doz ioniziruyushchey radiatsii i radioaktivnoe zagryaznenie sredey*. Syktyvkar, 2014. S.53-57.

15. Plotko T.S., Slavov V.P., Dedukh N.I. *Otsenka estestvennoy rezistentnosti korov v zone radioaktivnogo zagryazneniya Kievskogo poles'ya v otdalennyy period posle avarii na ChAES / T.S. Plotko, V.P. Slavov, N.I. Dedukh // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2017. №20-2. S 226-233

16. Norio Takahashi, Munehika Misumi, Hideko Murakami, Yasuharu Niwa, Waka Ohishi, Toshiya Inaba, Akiko Nagamachi and Gen Suzuki // *Journal of Radiation Research. Association between low doses of ionizing radiation, administered acutely or chronically, and time to onset of stroke in a rat model*. 2020. Vol. 61. No. 5. pp. 666-673 DOI: 10.1093/jrr/rraa050.

17. Surinov B. P., Isaeva V. G., Dukhova N. N., Sharetskiy A. N. *Izmenenie immunomoduliruyushchikh i attraktivnykh svoystv letuchikh vydeleniy myshey posle radiatsionnogo vozdeystviya ili induktsii «effekta svidetelya» // Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2021. T. 61. №1. S 5-13. DOI: 10.31857/S0869803121010100.

18. Starosel'skaya A. N. *Vliyanie na gemostaz mal'nykh doz ioniziruyushchey radiatsii s induktorami oksilitel'nogo stressa neluchevoy prirody // Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2021. T. 61. №1. S. 25-31. DOI: 10.31857/S0869803120060211.

19. Fedotova A.S. *Izmenenie biokhimicheskikh pokazateley krovi pri vozdeystvii «in vitro» mal'nykh doz radiatsii // Aktual'nye voprosy veterinarnykh i sel'skokhozyaystvennykh nauk: mater. natsional'noy (Vserossiyskoy) nauch. konf. instituta veterinarnoy meditsiny. Chelyabinsk: FGBOU VO Yuzhno-Ural'skiy GAU, 2021. S 81-86.*

20. Fedotova A.S., Zhigarev A.A., Makarskaya G.V. *Radiobiologicheskie efekty v perifericheskoy krovi krupnogo rogatogo skota pri pogloshchennykh dozakh 4 i 5 mGr // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak pocheta» Gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny*. 2022. T.58, vypusk 3. S 65-73. DOI 10.52368/2078-0109-2022-58-3-65-73.

21. Pivina L.M., Semenova Yu.M., Ersin T.Zh., Bulegenov T. A. , Manatova A.M., Belikhina T. I., Abisheva A.S., Efendiev U.M., Zhunusova T. *Otsenka biokhimicheskikh pokazateley, kharakterizuyushchikh sostoyanie zdorov'ya naseleniya vostochno-kazakhstanskoy oblasti, podvergshegosya radiatsionnomu vozdeystviyu vsledstvie ispytaniy yadernogo oruzhiya // Nauka i zdravookhranenie*. 2018. № 5 (T. 20). S.105-114

22. Baurzhan A., Kayrkhanova Y.O., Pak L., Uzbekov D.E., Amantaeva G.K., Ruslanova B., Apbasova M.M., Abishev Zh.Zh. *Izmenenie biokhimicheskikh pokazateley krovi eksperimental'nykh zhivotnykh posle vozdeystviya ioniziruyushchego izlucheniya // Meditsinskiy zhurnal. Astana*. 2020. №1 (103). S. 30-36.

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

Федотова Арина Сергеевна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск, Россия, krasfas@mail.ru

Турицына Евгения Геннадьевна, д-р вет. наук, доцент, профессор кафедры анатомии, патологической анатомии и хирургии ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск, Россия, turitsyna@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

Turitsyna Evgenia G., Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Anatomy, Pathological Anatomy and Surgery of the Institute of Applied Biotechnology and Veterinary Medicine of the Krasnoyarsk State Agrarian University, turitsyna@mail.ru

Статья поступила в редакцию 30.10.2023; одобрена после рецензирования 28.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 30.10.2023; approved after reviewing 28.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.22/28/082
DOI: 10.36508/RSATU.2023.74.49.012

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ БЕЛКОВОГО КОМПОНЕНТА МОЛОКА КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ, ПОЛУЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Любовь Георгиевна Хромова¹✉, **Светлана Евгеньевна Мирошина**², **Наталья Викторовна Байлова**³, **Лидия Алексеевна Есаулова**⁴, **Нина Ивановна Морозова**⁵

^{1,2,3,4} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж Россия

⁵ Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань Россия

¹ hromovva@yandex.ru

² smiroshina@mail.ru

³ bailova2013@yandex.ru

⁴ esaulovalida@yandex.ru

⁵ n.morozova53@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Белковый компонент молока имеет самую высокую биологическую ценность относительно других белков, за исключением яичных. Он практически полностью усваивается организмом и содержит весь набор хорошо сбалансированных эссенциальных аминокислот, превосходящих даже показатели эталонного белка, рекомендованные ФАО/ВОЗ. Высокопродуктивные животные нуждаются в качественных кормах и соблюдении технологии кормления. Поэтому получить высококачественный молочный белок с использованием коров голштинской породы можно только при хорошо сбалансированных по всем питательным веществам (включая и аминокислоты) рационах. Целью представленной научной работы является оценка биологической ценности самой значимой составной части молока коров голштинской породы, произведенного в условиях интенсивной технологии – белкового компонента.

Результаты. В исследуемых образцах молока установлена высокая концентрация белка (3,35 %) и весь набор незаменимых и заменимых аминокислот, что подтверждает его полноценность. В белковом комплексе преобладали заменимые аминокислоты, суммарная концентрация которых выше относительно незаменимых аминокислот на 13,83 %, поэтому аминокислотный индекс их составил только 0,76. В результате разбалансированности усвояемых незаменимых аминокислот относительно стандартной модели коэффициенты их биодоступности варьируют в широком диапазоне: от 68,3 % (метионин+цистеин) до 208,5 % (треонин). Комплекс аминокислот метионин+цистеин является первой лимитирующей аминокислотой, ограничивающей использование белков молока до 68,3 %.

Заключение. Молоко высокопродуктивных коров голштинской породы, произведенное в условиях интенсивной технологии, характеризуется достаточно высокой концентрацией белка. Однако невысокий аминокислотный индекс и наличие двух лимитирующих аминокислот снижает его биологическую ценность. Поэтому белковое питание высокопродуктивных коров необходимо рассматривать как аминокислотное, и балансирование рационов необходимо проводить с учетом усвояемых незаменимых аминокислот.

Ключевые слова: голштинская порода, молоко, белки, аминокислотный скор, биодоступность, лимитирующая аминокислота

Для цитирования: Хромова Л.Г., Мирошина С.Е., Байлова Н.В., Есаулова Л.А., Морозова Н.И. Результаты оценки биологической ценности белкового компонента молока коров голштинской породы, полученного в условиях интенсивной технологии // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, № 4. С 90-95 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.74.49.012>

Original article

THE RESULTS OF THE EVALUATION OF THE BIOLOGICAL VALUE OF THE PROTEIN

© Хромова Л.Г., Мирошина С.Е., Байлова Н.В., Есаулова Л.А., Морозова Н.И., 2023 г.

**COMPONENT OF THE MILK OF HOLSTEIN COWS OBTAINED UNDER INTENSIVE TECHNOLOGY**

Lyubov G. Khromova¹✉, **Svetlana E. Miroshina**², **Natalia V. Baylova**³, **Lidiya A. Esaulova**⁴, **Nina I. Morozova**⁵

^{1, 2, 3, 4} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia

⁵ Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ hromovva@yandex.ru

² smiroshina@mail.ru

³ bailova2013@yandex.ru

⁴ esaulovalida@yandex.ru

⁵ n.morozova53@yandex.ru

Annotation.

Problem and purpose. The protein component of milk has the highest biological value relative to other proteins, with the exception of egg. It is almost completely absorbed by the body and contains the entire set of well-balanced essential amino acids, surpassing even the indicators of the reference protein recommended by FAO/WHO. Highly productive animals need high-quality feed and compliance with feeding technology. Therefore, it is possible to obtain high-quality milk protein using Holstein cows only with well-balanced diets for all nutrients (including amino acids). The purpose of the presented scientific work is to assess the biological value of the most significant component of the milk of Holstein cows – a protein component produced under intensive technology

Results. In the studied milk samples, a high concentration of protein (3.35 %) and the entire set of essential and interchangeable amino acids were found, which confirms its usefulness. The protein complex was dominated by interchangeable amino acids, the total concentration of which is 13.83% higher relative to essential amino acids, so their amino acid index was only 0.76. As a result of the imbalance of the assimilated essential amino acids relative to the standard model, their bioavailability coefficients vary in a wide range: from 68.3% (methionine + cysteine) to 208.5 % (threonine). The amino acid complex methionine+ cysteine is the first limiting amino acid, limiting the use of milk proteins to 68.3 %.

Conclusion. The milk of highly productive Holstein cows, produced under intensive technology, is characterized by a sufficiently high concentration of protein. However, a low amino acid index and the presence of 2 limiting amino acids reduces its biological value. Therefore, protein nutrition of highly productive cows should be considered as amino acid and balancing of diets should be carried out taking into account the assimilable essential amino acids.

Key words: Holstein breed, milk, proteins, amino acid score, bioavailability, limiting amino acid

For citation: Khromova L.G., Miroshina S.E., Baylova N.V., Esaulova L.A., Morozova N.I. The results of the evaluation of the biological value of the protein component of the milk of Holstein cows obtained under conditions of intensive technology // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023, T.15, №4, P 90-95 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.74.49.012>

Введение

В настоящее время коровье молоко рассматривается как важный источник белка. Белковый компонент молока имеет самую высокую биологическую ценность относительно других белков, за исключением яичного. Он практически полностью усваивается организмом и содержит весь набор хорошо сбалансированных эссенциальных аминокислот, превосходящих даже показатели эталонного белка, рекомендованные FAO/ВОЗ [1]. Протеиногенные аминокислоты используются в качестве пластического материала для синтеза аутогенных белков, а благодаря определённой аминокислотной последовательности в молекулах – как источник биологически активных веществ [1]. Потребление 0,3 л молока удовлетворяет суточную потребность человека в основных незаменимых аминокислотах [1, 2].

Концентрация белков в молоке коров является породным признаком, на увеличение которого направлена современная селекция [3, 4]. Высокопродуктивные животные нуждаются в качественных кормах и соблюдении технологии кормления.

Получить высококачественный белок можно только при хорошо сбалансированных по всем питательным веществам (включая и аминокислоты) рационах [2].

В процессе эволюции высшие животные и человек утратили способность синтезировать более половины протеиногенных аминокислот, их называют незаменимыми, и они должны поступать с пищей [5]. Заменяемые аминокислоты у жвачных животных синтезируются в преджелудках. Необходимость обеспечения и заменимых аминокислот обусловлена тем, что с увеличением удоев коров потребность в них возрастает, а эндогенная синтетическая способность и метаболическая доступность конкретного предшественника ограничены [6].

В России разводят 25 молочных и комбинированных пород крупного рогатого скота, среди которых происходит объективный процесс конкуренции. В настоящее время наблюдается заметный рост популяции голштинского скота. На 1 января 2022 года относительная численность голштинов от всего подконтрольного поголовья крупного рога-



того скота молочных и молочно-мясных пород составила 34,72 %. По сравнению с прошлым годом этот показатель увеличился на 8,25 % [7]. В разных природно-экономических условиях голштинны имеют свои особенности, сохраняя при этом свои главные качества – высокий удой и хорошую приспособляемость к индустриальной технологии производства [8].

Целью представленной работы является оценка биологической ценности самой значимой составной части молока коров голштинской породы, произведенного в условиях интенсивной технологии – белкового компонента.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено в ООО «Агропромышленный комплекс «Русь» Рязанской области. Молочное стадо коров, сформированное животными голштинской породой, содержится по технологии беспривязного содержания. Удой в расчете на корову по стаду (2000 гол.) составляет более 8500 кг.

Предметом изучения послужило молоко коров 5-6-го месяца лактирования. Образцы сырого молока ($n=4$) отбирали, руководствуясь ГОСТ 3622-68. Концентрацию общего белка определяли методом Кьельдаля (ГОСТ 23327-98); аминокислотный профиль – высокоэффективной жидкостной хроматографией по ГОСТ 32201-2013 (ISO13904: 2005) и триптофан – по ГОСТ 32195-2013 (ISO 13903: 2005).

Биологическую ценность белков устанавливали по аминокислотному индексу (соотношению

незаменимых и заменимых аминокислот) и аминокислотному скору (АС), используя усовершенствованную методику расчета биологической ценности пищевых продуктов и рационов (*DIAS*) и уточненную формулу эталонного белка ФАО (2011 г.). Метод учитывает усвояемость каждой незаменимой аминокислоты в конце тонкой кишки, гарантируя тем самым более точное определение её количества, используемого организмом человека и животного. По верности полученных результатов он приравнивается к клиническим испытаниям [9-10].

Эссенциальную аминокислоту, скор которой менее 95 % (с учетом погрешности методов испытаний, составляющей 5 %), относили к лимитирующей аминокислоте. В качестве первой лимитирующей была принята аминокислота с самым наименьшим показателем аминокислотного скор.

Результаты исследования

Белковая молекула включает только 20 протеиногенных аминокислот, 19 из них содержится в белках молока [1]. Из всех имеющихся в пищевых белках аминокислот 9 являются незаменимыми для человека. Эти основные структурные композиции не являются взаимозаменяемыми, каждая аминокислота имеет свою значимость и поэтому они должны поступать в организм с пищей.

В результате проведенного исследования установлена высокая концентрация белков и весь набор заменимых и незаменимых аминокислот, характерных для коровьего молока, что подтверждает его полноценность (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание аминокислот в молоке коровьем

Незаменимая аминокислота	г /100 г белка	Заменимая аминокислота	г /100 г белка
Массовая доля белка, %	3,35±0,027		
Триптофан (Trp)	0,67±0,010	Цистеин (Cys)	0,67±0,010
Треонин (Thr)	5,67±0,630	Тирозин (Tyr)	3,45±0,048
Фенилаланин (Phe)	4,56±0,138	Серин (Ser)	5,78±0,390
Метионин (Met)	1,00±0,017	Глицин (Gly)	3,45±0,048
Лизин (Lys)	10,49±0,579	Аспарагиновая кислота(Asp)+ аспарагин (Asn)	15,53±0,641
Изолейцин (Ileu)	3,45±0,235	Аргинин (Arg)	3,89±0,148
Лейцин (Leu)	6,56±0,287	Аланин (Ala)	11,13±0,240
Гистидин (His)	2,45±0,067	Пролин (Pro)	10,77±0,250
Валин (Val)	8,23±0,259	Глутаминовая кислота (Glu)+глутамин(Gln)	2,23±0,100
Σнезаменимых аминокислот (A)	43,08±1,154	Σзаменимых аминокислот (A2)	56,91±1,148

В профиле эссенциальных аминокислот наибольшее количество выявлено лизина (Lys) – 10,49, валина (Val) – 8,23, лейцина (Leu) – 6,56; наименьшее – триптофана (Trp) – 0,67, метионина (Met) – 1,00, гистидина (His) – 2,45 г/100 г белка.

Заменимые аминокислоты следует также рассматривать при оценке белков молока, так как каждая из них осуществляет в организме множество функций и не менее важных, чем незаменимые. Среди заменимых аминокислот больше всего выявлено аспарагиновой (Asp)+аспарагин (Asn) – 15,53, аланина (Ala) – 11,13, пролина (Pro)– 10,77

и меньше – глутаминовой(Glu) + глутамин(Gln) – 2,23, глицина (Gly) – 3,45, аргинина (Arg) – 3,89г /100 г белка.

В молоке высокого качества отношение незаменимых и заменимых аминокислот близкое к единице – 0,96 [6]. Однако в исследуемых образцах молока преобладали заменимые аминокислоты, суммарная концентрация которых выше относительно незаменимых аминокислот на 13,83 %, поэтому аминокислотный индекс белков исследуемого молока невысокий – 0,76. (табл. 2).



Таблица 2 – Показатели биологической ценности белков молока коровьего

Незаменимая аминокислота	Усвояемость, аминокислоты, % [11]	Эталонный белок [11]		Белки молока	
		г/100 г	АС, %	г/100 г	АС, %
Триптофан (TRP)	93	0,66	100,0	0,62±0,010	93,9***
Треонин (THR)	92	2,5	100,0	5,21±0,578	208,4
Фенилаланин (Phe)+Тирозин (Tyr)*	96	4,1	100,0	7,69±0,183	187,6
	96				
Метионин (Met)+ Цистеин (Cys)*	95	2,3	100,0	1,57±0,027	68,3**
	92				
Лизин (Lys)	91	4,8	100,0	9,55±0,527	199,0
Изолейцин (Ileu)	87	3,0	100,0	3,00±0,206	100,0
Лейцин (Leu)	95	6,1	100,0	6,24±0,275	102,3
Гистидин (His)	95	1,6	100,0	2,32±0,063	145,0
Валин (Val)	89	4,0	100,0	7,33±0,230	183,3
Аминокислотный индекс (A/A2)	0,76±0,034				

* – две аминокислоты суммируются, так как необходимость в одной аминокислоте обеспечивается другой,

** – первая лимитирующая аминокислота,

*** – вторая лимитирующая аминокислота.

Показатель аминокислотного сора определяет уровень потребления азота белкового компонента продукта как строительного вещества в процессе биосинтеза белков живого организма, обеспечивающего их постоянное возобновление и кругооборот. Принято считать, что аминокислоты эталонного белка усваиваются полностью (100 %), а у отдельно взятых незаменимых аминокислот молока усвояемость колеблется от 87 до 96 % [9-10].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что концентрация многих усвояемых незаменимых аминокислот коровьего молока значительно отличалась от эталонного белка, поэтому аминокислотный сора их варьировал в очень широких пределах – от 68,3 % (сумма метионина и цистеина) до 208,5 % (треонин) (рис.). В белках молока выявлены устанавливающие лимит аминокислоты: сумма серосодержащих аминокислот – метионин и цистеин и триптофан. Комплекс аминокислот метионин+цистеин является первой лимитирующей аминокислотой, ограничивающей использование усвояемых аминокислот белков молока до 68,3 %.

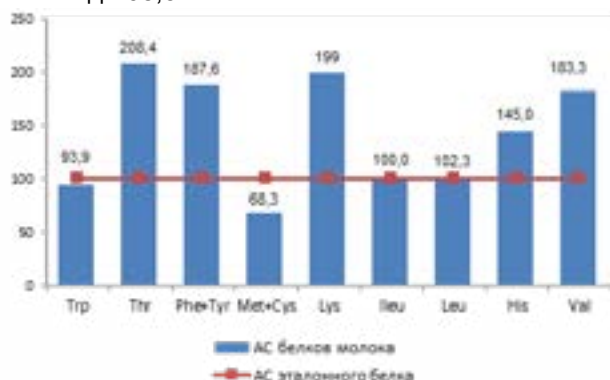


Рис. – Аминограмма усвояемости белков молока коровьего (%)

Fig. – Aminogram of digestibility of cow's milk proteins (%)

Следует отметить – метионин не только незаменимая, но и первая чаще всего лимитирующая аминокислота в диетах крупного рогатого скота. Метионин значится источником серы и используется в живом организме для производства другой серосодержащей аминокислоты – цистеина. Однако главная роль заключается в том, что метильная группа (CH₃) молекулы метионина используется в реакциях трансметилирования, что необходимо в процессах синтеза огромного количества биологически важных молекул. Метильная группа участвует в синтезе фосфолипидов, холина, в обмене витаминов В₁₂, В₃ и др. Без метионина невозможен синтез молекул белка, эта аминокислота также необходима для нормализации процессов метаболизма [11].

Важнейшая аминокислота триптофан способствует росту и поддержанию азотистого равновесия в организме, тесно связана с обменом никотиновой кислоты (витамина РР) и синтезом серотонина [12]. Она участвует в координации эндокринного статуса, поддержании воспроизводительной функции, синтезе молока, гемоглобина.

Заключение

Молоко высокопродуктивных коров голштинской породы, произведенное в условиях интенсивной технологии характеризуется достаточно высокой концентрацией белка, имеющего полный набор аминокислот, свидетельствующий о его полноценности. Невысокий аминокислотный индекс и наличие двух лимитирующих аминокислот – комплекса метионин+цистеин и триптофана – снижают его биологическую ценность. Первой лимитирующей аминокислотой является метионин. В результате при высокой природной усвояемости белков молока организмом будет использовано не более 68,3 % всех усвояемых аминокислот.

Поэтому белковое питание высокопродуктивных животных необходимо рассматривать как аминокислотное и балансирование рационов ко-



ров необходимо проводить с учетом усвояемых незаменимых аминокислот, что будет способствовать повышению продуктивности коров и качественных характеристик молока.

Список источников

1. Тёпел А. Химия и физика молока / А. Тёпел; перевод с немецкого, под ред. С.А. Фильчаковой. – Санкт-Петербург: Профессия, 2012. – 831 с.

2. Буряков, Н. П. Особенности кормления высокопродуктивных коров / Н. П. Буряков, М. А. Бурякова, Е. В. Караваева // РацВетИнформ. – 2009. – № 5. – С. 32-39. – EDN WMYIUN.

3. Снопина, А.А. Пути повышения белковости молока. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 84 с.

4. Хромова, Л. Г. Проблема повышения белковости молочного скота / Л. Г. Хромова, Н. В. Байлова, Е. А. Пилюгина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4-2(47). – С. 56-61. – EDN VNTSPX.

5. Разумовский, Н. Аминокислоты – заменимые и незаменимые / Н. Разумовский, Д. Соболев // Животноводство России. – 2020. – № 2. – С. 59-63. – EDN SSLSOD.

6. Рядчиков, В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных / В.Г. Рядчиков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 636 с. – ISBN 978-5-507-45304-7.

7. Ежегодник по племенной работе в молочном

скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2021 год). – Лесные Поляны: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела», 2022. – 265 с. – ISBN 978-5-87958-404-2. – EDN SYSLVZ.

8. Characteristics Of Protein Components Of European Holstein Cow Milk / L.G. Khromova, G.N. Levina, N.V. Bailova, A.N. Petrin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 5. – P. 215-224. – EDN YBCMZN.

9. Махинько, В.Н. Diaas – усовершенствованная методика расчета биологической ценности пищевых продуктов и рационов / В.Н. Махинько, И.А. Соколовская, А.В. Шаран // Вестник Алма-тинского технологического университета. – 2017. – № 2. – С. 48-53. – EDNZFHPJN.

10. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013 – 66 p. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

11. Карандаев, А. Метионин в кормлении коров в транзитный период / А. Карандаев // Комбикорма. – 2019. – № 3. – С. 44-46. – EDNSUIAGT.

12. Лысиков, Ю.А. Аминокислоты в питании человека / Ю.А. Лысиков // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – № 2. – С. 88-105. – EDN TBJPRX.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Tyopel A. Himiya i fizika moloka / A. Tyopel; perevod s nemeckogo, pod red. S.A. Fil'chakovoj. – Sankt-Peterburg: Professiya, 2012. – 831 s.

2. Buryakov, N. P. Osobennosti kormleniya vysokoproduktivnykh korov / N. P. Buryakov, M. A. Buryakova, E. V. Karavaeva // RacVetInform. – 2009. – № 5. – S. 32-39. – EDN WMYIUN.

3. Snopova, A.A. Puti povysheniya belkovosti moloka. – M.: Rossel'hozizdat, 1985. – 84 s.

4. Hromova, L. G. Problema povysheniya belkovosti molochnogo skota / L. G. Hromova, N. V. Bajlova, E. A. Pilyugina // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 4-2(47). – S. 56-61. – EDN VNTSPX.

5. Razumovskij, N. Aminokisloty – zamenimye i nezamenimye /N. Razumovskij, D. Sobolev // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2020. – № 2. – S. 59-63. – EDN SSLSOD.

6. Ryadchikov, V.G. Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skohozyajstvennykh zhivotnyh / V.G. Ryadchikov. – 2-e izd., ster. – Sankt-Peterburg: Lan', 2022. – 636 s. – ISBN 978-5-507-45304-7.

7. Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii (2021 god). – Lesnye Polyany: FGBNU «Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut plemennogo dela», 2022. – 265 s. – ISBN 978-5-87958-404-2. – EDN SYSLVZ.

8. Characteristics Of Protein Components Of European Holstein Cow Milk / L.G. Khromova, G.N. Levina, N.V. Bailova, A.N. Petrin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 5. – P. 215-224. – EDN YBCMZN.

9. Mahin'ko, V.N. Diaas – usovershenstvovannaya metodika rascheta biologicheskoy cennosti pishchevyh produktov i racionov / V.N. Mahin'ko, I.A. Sokolovskaya, A.V. SHaran // Vestnik Alma-atinskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2017. – № 2. – S. 48-53. – EDNZFHPJN.

10. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013 – 66 p. Rezhimdostupa: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

11. Karandaev, A. Metionin v kormlenii korov v tranzitnyj period / A. Karandaev // Kombikorma. – 2019. – № 3. – S. 44-46. – EDNSUIAGT.

12. Lysikov, YU.A. Aminokisloty v pitanii cheloveka / YU.A. Lysikov // Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya. – 2012. – № 2. – S. 88-105. – EDN TBJPRX.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.



Информация об авторах

Хромова Любовь Георгиевна – д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I», Воронеж, Россия, hromovva@yandex.ru;

Мирошина Светлана Евгеньевна – аспирант кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I», Воронеж, Россия, smiroshina@mail.ru;

Байлова Наталья Викторовна – канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I», Воронеж, Россия; bailova2013@yandex.ru;

Есаулова Лидия Алексеевна – канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры общей зоотехнии, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ имени императора Петра I», Воронеж, Россия; esaulovalida@yandex.ru

Морозова Нина Ивановна – д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры общественного питания и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ имени П.А. Костычева, г. Рязань Россия, 89106375197, n.morozova53@yandex.ru

Author Information

Khromova Lyubov G. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Private Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, hromovva@yandex.ru

Miroshina Svetlana E. – Postgraduate student of the Department of Private Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, smiroshina@mail.ru

Baylova Natalia V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Voronezh State University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia; bailova2013@yandex.ru

Esaulova Lydia A. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Animal Science, Voronezh State University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia; esaulovalida@yandex.ru

Morozova Nina I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, n.morozova53@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 06.11.2023; одобрена после рецензирования 29.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 06.11.2023; approved after reviewing 29.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №4, с. 96-105
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №4, pp 96-105

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.17; 631.3; 631.9
DOI: 10.36508/RSATU.2023.74.49.013

ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИТОСАНИТАРНЫХ РАБОТ В СЕМЕННЫХ ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ

Александр Геннадьевич Аксенов¹, **Максим Сергеевич Трунов**² ✉, **Сергей Николаевич Петухов**³

^{1,2,3} Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия

¹ 1053vim@mail.ru

² makstrunov1998@mail.ru

³ petuhov61@bk.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Для получения семенного материала картофеля высокого качества необходимо вести постоянную работу в селекционных и семеноводческих посадках по выявлению и удалению растений картофеля с признаками различных болезней или же растений другого сорта. Такие мероприятия проводятся до трех раз за вегетацию растений и связаны с большими объемами (особенно на семеноводческих посадках) и затратами ручного труда. Целью настоящего исследования является изучение технологий и технических средств, применяемых в ведущих западных странах-производителях семенного материала картофеля.

Методология. Основой методологии исследования является анализ научных работ и технических решений, применяемых в технологиях фиточисток семеноводческих посадок картофеля, используемых в настоящее время в ведущих картофелепроизводящих странах. Проведен анализ конструкций зарубежных селекционных машин для проведения фиточисток с различными рабочими органами и изучены физико-механические свойства растений картофеля. Для предполагаемой разработки роботизированного комплекса был выполнен анализ патентов и рассмотрены комплексы существующих зарубежных машин (не имеющих аналогов в Российской Федерации и странах СНГ), которые позволяют автоматизировать процесс контроля и удаления растений, зараженных вирусными инфекциями или сортопримесей, а также повысить эффективность работы и уменьшить затраты ручного труда. Предложены параметры манипуляторов грейферного типа для удаления зараженных растений картофеля или сортопримесей, с учетом их физико-механических свойств. Для решения задачи дифференцированного удаления больных растений картофеля и сортопримесей на семеноводческих посадках были изучены технологии, разработанные для пересадки деревьев и конструкции строительных захватов. Предложена их адаптация к требованиям по фитосанитарным работам.

Результаты. В результате проведенного исследования получена информация по применяемым технологиям и способам проведения фиточисток на семеноводческих плантациях ведущих стран. Показано, что передовые позиции в разработке и производстве машин для проведения фиточисток на семеноводческих посадках картофеля занимают фирмы Нидерландов. Для повышения эффективности фитосанитарного контроля предложена технология и способ удаления на семеноводческих посадках картофеля растений с вирусными инфекциями и сортопримесями, а также обоснована разработка роботизированного комплекса с цифровой системой интеллектуального управления для проведения фитосанитарных работ в посадках картофеля в селекции и семеноводстве.

Заключение. Анализ конструкций зарубежных селекционных машин показывает, что они выполняют частичную механизацию процесса, при этом сам контроль производится визуально, а удаление зараженных растений и сортопримесей производится оператором-апробатором вручную. Для повышения качества процесса фиточисток семеноводческих посадок картофеля предлагается разработка роботизированного комплекса, позволяющего с помощью искусственного интеллекта выявлять зараженные растения и сортопримеси и удалять эти растения из посадок с помощью



механического рабочего органа.

Ключевые слова: селекция, семеноводство, фитопочистки, сортопримесь, картофель, технология, процесс, манипулятор

Для цитирования: Аксенов А.Г., Трунов М.С., Петухов С.Н. Обоснование концепции создания роботизированного комплекса для повышения эффективности фитосанитарных работ в семенных посадках картофеля // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №4. С. 96-105 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.74.49.013](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.74.49.013)

Original article

DJUSTIFICATION OF THE CONCEPT OF A ROBOTIC COMPLEX FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF PHYTOSANITARY WORK IN POTATO SEED PLANTINGS

Alexander G. Aksenov ¹, Maxim S. Trunov ²✉, Sergei N. Petukhov ³

^{1,2,3} Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

¹ 1053vim@mail.ru

² makstrunov1998@mail.ru

³ petuxov61@bk.ru

Abstract.

Problem and purpose. In order to obtain high-quality potato seed material, it is necessary to conduct constant work in breeding and seed planting to identify and remove potato plants with signs of various diseases or plants of another variety. Such events are held up to three times during the vegetation of plants and are associated with large volumes (especially on seed planting) and manual labor costs. The purpose of this study is to study the technologies and technical means used in the leading Western countries, producers of potato seed material.

Methodology. The basis of the research methodology is the analysis of scientific papers and technical solutions used in the technologies of phyto-cleaning of seed potato plantings currently used in leading potato-producing countries. The analysis of the designs of foreign breeding machines for carrying out phyto-cleaning with various working organs was carried out and the physico-mechanical properties of potato plants were studied. For the proposed development of a robotic complex, patents were analyzed and complexes of existing foreign machines (which have no analogues in the Russian Federation and CIS countries) were considered, which will automate the process of controlling and removing plants infected with viral infections or varietal mixtures, as well as increase work efficiency and reduce manual labor costs. The parameters of grab-type manipulators for the removal of infected potato plants or varietal mixtures, taking into account their physical and mechanical properties, are proposed. To solve the problem of differentiated removal of diseased potato plants and varietal mixtures at seed planting, technologies developed for tree transplanting and construction of construction grips were studied. Their adaptation to the requirements for phytosanitary works is proposed.

Results. As a result of the conducted research, information was obtained on the applied technologies and methods of carrying out phyto-cleaning on seed plantations of leading countries. It is shown that leading positions in the development and production of machines for carrying out phyto-cleaning on potato seed plantings are occupied by Dutch companies. To increase the effectiveness of phytosanitary control, a technology and method for removing plants with viral infections and varietal mixtures at potato seed plantings are proposed, and the development of a robotic complex with a digital intelligent control system for conducting phytosanitary work in potato plantings in breeding and seed production is justified.

Conclusion. An analysis of the designs of foreign breeding machines shows that they perform partial mechanization of the process, while the control itself is carried out visually, and the removal of infected plants and varietal mixtures is carried out manually by the approbator operator. To improve the quality of the process of phyto-cleaning of seed potato plantings, it is proposed to develop a robotic complex that allows using artificial intelligence to identify infected plants and varietal mixtures and remove these plants from plantings using a mechanical working organ.

Key words: breeding, seed production, phyto-cleaning, variety mixture, potato, technology, process, arigator, manipulator

For citation: Aksenov A.G., Trunov M.S., Petukhov S. N. Justification of the concept of creating a robotic complex to increase the efficiency of phytosanitary work in potato seed plantings // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, N. 4. P. 96-105 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.74.49.013](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.74.49.013)

Введение

Картофель, продукт, широко признанный как "второй хлеб", представляет собой одну из наи-

более значимых сельскохозяйственных культур на глобальном уровне. Эта культура успешно культивируется более чем в 140 странах мира и ис-



пользуется в различных формах – от свежего до множества картофельных продуктов, а также как источник сырья для производства крахмала, спирта, патоки и других ценных продуктов. На сегодняшний день картофель занимает четвертое место по масштабам производства среди ключевых пищевых сельскохозяйственных культур, уступая лишь рису, пшенице и кукурузе.

Семеноводство в сфере производства картофеля является важным звеном в обеспечении стабильного роста объемов производства и реализации высококачественного семенного материала. Одной из наиболее важных проблем данной области является отсутствие оптимальных технологий фитосанитарного контроля и борьбы с вирусными инфекциями. В связи с этим актуальным становится разработка роботизированных устройств для улучшения качества и эффективности выполнения операций по фитопрочистке.

Для обеспечения стабильного роста, увеличения объемов производства и реализации высококачественного семенного картофеля Постановлением Правительства Российской Федерации от 05.05 2018 года № 559 была разработана программа, одним из важнейших направлений которой является оптимизация работы по фитосанитарному контролю. Основной проблемой, затрудняющей выполнение операций по фитопрочистке, является высокая доля ручного труда. Решением этой проблемы может стать создание роботизированных устройств для выполнения необходимых операций.

Дальнейшее решение поставленных задач было основано на использовании следующих методов:

- анализ существующих технологий и устройств для выполнения операций по фитосанитарному контролю;
- анализ полученных результатов и формулирование направлений исследований.

Согласно последним статистическим данным, опубликованным Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО), в 2021 году мировое производство картофеля достигло рекордной отметки в 376,1 миллионов тонн. Данные были включены в отчет "Мировые рынки картофеля".

Статистика показывает, что мировая площадь посадок картофеля увеличилась на 7,4 % и составила 18 миллионов гектаров, что является наивысшим показателем с 2013 года. Наиболее значительный рост площадей под картофелем отмечен в Азии – на 15 % – до 10,3 миллионов гектаров. В то же время, площади в Европе сократились на 3,5 % до 4,3 миллионов гектаров.

Согласно отчету, Азия продолжает занимать лидирующие позиции в производстве картофеля, превышая 50 % от общего мирового объема. Так, производство картофеля в Азии возросло до 197,5 миллионов тонн, включая 94,4 миллиона тонн, произведенных в Китае, и 54,2 миллиона тонн – в Индии. Европа замыкает тройку лидеров с объемом производства в 102,5 миллиона тонн, что на 3,8 % меньше, чем в 2020 году. Африка сохраняет

стабильную позицию, занимая четвертое место с объемом 28 миллионов тонн.

Стоит отметить, что данные за 2022 год до сих пор недоступны и основываются лишь на предварительных оценках ФАО и национальных статистиках различных стран. Ожидается, что в 2023 году мировое производство картофеля снизится на 6 % до 354,3 миллионов тонн в связи с уменьшением площадей под посадками и неблагоприятными климатическими условиями, оказывающими значительное влияние на урожайность.

В России, согласно данным Минсельхоза, в 2022 году производство картофеля в товарном секторе велось на площади 282,6 тысячи гектаров, что больше на 9,4 тысячи гектаров, чем в 2021 году, и было собрано 7,2 миллиона тонн. Урожайность в среднем составила 255,8 ц/га, что превышает прошлогодний показатель (246,5 ц/га).

Мероприятия, направленные на внедрение инновационных технологических, технических и организационно-экономических решений, способствуют повышению экономической эффективности производства картофеля [1].

Основные болезни, вредители и сорняки картофеля

Картофель подвержен большому количеству заболеваний, вредителей и действия сорняков, которые влияют на товарные качества и урожайность. Заболевания картофеля могут быть как инфекционного, так и неинфекционного характера.

Инфекционные болезни картофеля вызываются различными организмами, включая грибы, оомицеты, актиномицеты, бактерии, вирусы, вироиды, микоплазмы (фитоплазмы) и нематоды. Эти болезни могут передаваться от одного растения к другому и каждый возбудитель вызывает специфические симптомы заболевания. Среди наиболее распространенных инфекционных болезней картофеля можно назвать увядания, гнили, некрозы, пятнистости, налёты, мумификацию, деформацию, наросты и изменения окраски (мозаики).

Неинфекционные заболевания картофеля обычно связаны с неблагоприятными условиями окружающей среды или неправильным агротехническим уходом за растениями. Это могут быть проблемы, связанные с недостатком или избытком влаги, недостаточным питанием, перегревом или переохлаждением, физическими повреждениями и т. д.

Вредители картофеля включают различные виды насекомых, грызунов и других организмов, которые могут наносить ущерб растениям, поедая их листья, стебли, корни или клубни. Среди наиболее распространенных вредителей картофеля можно назвать колорадского жука, медведку, проволочника, нематоды и других.

Сорняки также могут представлять угрозу для картофеля, конкурируя с ним за свет, воду и питательные вещества, а также они служат пристанищем для вредителей и возбудителей болезней. К числу наиболее распространенных сорняков в полях картофеля относятся различные виды злаков, польины, подорожника, мари белой и других.



Фитосанитарный контроль

Фитосанитарный контроль – это система мер, направленных на защиту растительных культур от вредных организмов, болезней и сортопримесей. Он включает в себя различные методы, такие как обработка почвы, применение химических и биологических средств защиты, а также контроль за ввозом и вывозом растительной продукции. История фитосанитарного контроля начинается еще со времен древних цивилизаций, когда люди начали заниматься сельским хозяйством. Однако современная система фитосанитарного контроля была разработана в 20 веке. В 1951 году была создана Международная конвенция по защите растений, которая стала основой для создания правовой базы фитосанитарного контроля на международном уровне [2].

В России фитосанитарный контроль регулируется Федеральным законом "О карантине растений" от 21.07.2014 № 206-ФЗ и другими нормативными актами. Эта система является важной частью сельского хозяйства и экологии страны [3].

Большая часть успеха по фитосанитарному контролю посадок картофеля направлена на ограничение влияния вредных факторов на культуру. К ним относятся болезни, вызываемые грибами, такие как фитофтороз и альтернариоз, бактериальные болезни, включая кольцевую гниль и черную ножку, а также вирусы, такие как вирус Y картофеля. К вредителям относятся колорадский жук, нематоды и другие организмы.

Прогресс в области мониторинга и прогнозирования

Одним из достижений в области фитосанитарного контроля является развитие систем мониторинга и прогнозирования влияния вредителей и болезней. Современные технологии, такие как дистанционное зондирование, использование дронов и машинное исследование позволяют оперативно определять наличие и распространение вредителей и болезней на местах, а также прогнозировать их развитие. Это позволяет принимать решения по борьбе с ними и изымать урожай.

Прогресс в области управления вредителями и природными ресурсами

В последние годы был достигнут прогресс в области управления вредителями при выращивании картофеля. Среди новых подходов можно выделить комплексное управление вредителями, включающее в себя поиск различных методов исследования, включая использование резистентных классов, биологических средств защиты, агротехнических средств.

Отличия регулирования и нормативно-правовых правил фитосанитарного контроля на примерах Российской Федерации и Нидерландов

В России фитосанитарный контроль регулируется Федеральным законом "О карантине растений" и нормативными актами Россельхознадзора. Согласно этим документам, все растительные материалы, включая семена, рассаду, плоды и овощи, должны пройти обязательную процедуру

фитосанитарной проверки перед ввозом или вывозом из страны. Кроме того, в России существуют международные договоры и соглашения о фитосанитарном контроле, которые регулируют торговлю растительными продуктами между странами [4].

В Нидерландах фитосанитарный контроль регулируется законодательством ЕС и национальными нормативными актами. В соответствии с этими документами все растительные материалы, включая семена, рассаду, плоды и овощи, должны пройти обязательную процедуру фитосанитарной проверки перед ввозом или вывозом из страны. Кроме того, в Нидерландах существуют высокие стандарты качества и безопасности продукции, которые гарантируются системой сертификации и контролем за использованием пестицидов [5].

В настоящее время фитосанитарный контроль проводится без применения технических средств, что делает процесс очень трудоемким и снижает качество контроля ввиду человеческого фактора. В России машин для фитосанитарного контроля и прочисток не производится, а существующие зарубежные аналоги обеспечивают частичную механизацию процесса, при этом сам контроль производится визуально, а удаление зараженных растений производится оператором-апробатором вручную. В связи с этим разработка и обоснование машин и оборудования для распознавания и удаления зараженных растений и сортопримесей является актуальной задачей, требующей решения. Для обоснования перспективной конструкции такого устройства проведен анализ различных конструктивных исполнений манипуляторов и машин.

Анализ манипуляторов, применяемых в сельском хозяйстве

Анализ манипуляторов, оборудованных захватом, показал, что такой тип машин используется в различных отраслях народного хозяйства, включая промышленность, сельское хозяйство и строительство. В зависимости от конкретных требований, поставленных задач манипуляторы могут быть оснащены различными типами захватов.

Особое внимание уделяется роли манипуляторов с захватом в сельском хозяйстве, где они становятся ключевыми помощниками в процессах уборки урожая, его сортировки, переработки и ряда других операций.

Одной из ключевых задач в области семеноводства является дифференцированное удаление растений больного картофеля и сортопримесей на посадках. При анализе различных типов манипуляторов для решения этой задачи возникла идея использования технологий, зародившихся в сфере манипуляторов для пересадки деревьев, а также различных видов строительных захватов.

Специфическое строение корневой системы картофеля, включающее отдельные стебли, корни и столоны, где формируются новые клубни, создает определенные трудности для эффективного дифференцированного удаления. Это привело к поиску новых подходов и технологий, которые могут решить эту проблему [6-9].



С учетом этих особенностей предложена концепция применения технологий, разработанных для манипуляторов, предназначенных для пересадки деревьев и строительных захватов. Исходя из условия, что эти механизмы могут быть адаптированы для удовлетворения требований фитосанитарного контроля, это направление представляет собой возможный путь для усовершенствования процессов уборки и обработки картофеля.

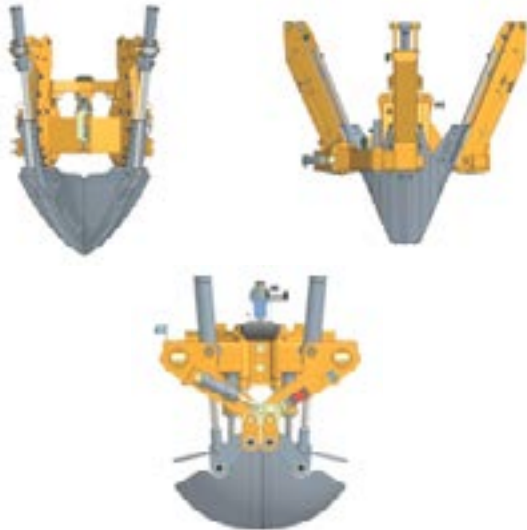
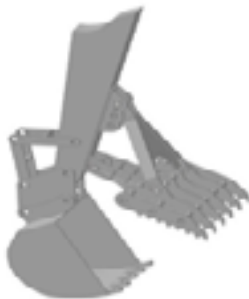


Рис. 1 – Классическая серия рабочих органов для пересадки деревьев [10]
Fig. 1 – Classic series of working organs for tree



transplanting
Рис. 2 – Ковш экскаваторный строительный [11]
Fig. 2 – Excavator bucket construction



Рис. 3 – Грейфер гидравлический [12]
Fig. 3 – Hydraulic grab

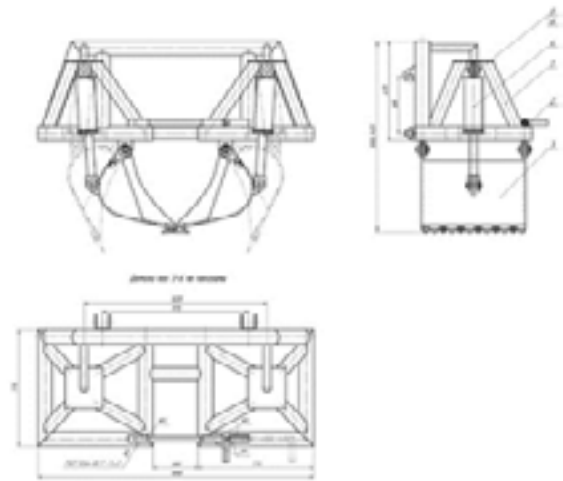


Рис. 4 – Устройство для пересадки мелкоколосья [14]
Fig. 4 – device for transplanting small woodlands

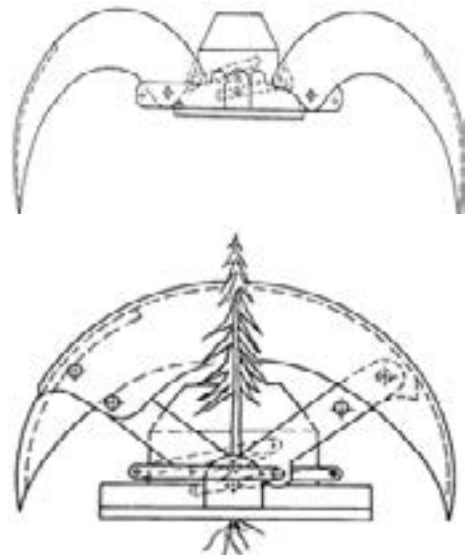


Рис. 5 – Грейферное приспособление для захвата сортиментов и пересадки подроста [13]
Fig. 5 – grapple device for grabbing sortings and transplanting undergrowth



Рис. 6 – Манипулятор для пересадки деревьев на базе трактора МТЗ 82 [15]
Fig. 6 – Manipulator for transplanting trees based on MTZ 82 tractor



Каждый из рассмотренных манипуляторов может использовать различные виды захватов, выбор которых определяется спецификой поставленных задач.

Машинно-технологические комплексы для сорто-фитопро очистки посадок картофеля и овощных культур в селекции и семеноводстве

Машинно-технологические комплексы (МТК) для сорто-фитопро очистки посадок картофеля и овощных культур играют ключевую роль в селекции и семеноводстве. Они обеспечивают высокую чистоту семеноводческих посадок, качественное сортирование, промывку, обработку и хранение полученной продукции. В настоящее время многие производители по всему миру используют такие комплексы для оптимизации процесса обработки урожая и улучшения качества семенного материала.

Существующие зарубежные машины для фитопро очистки имеют схожий технологический процесс, что обусловлено основными функциональными элементами конструкций машин, представленных на рынке. Речь идет о машинах, не имеющих отечественных аналогов. Конструкции машин включают технологическую платформу, пульт управления процессом движения-остановки и манипулятор подъема-опускания, рабочее место апробатора и приемный бункер для утилизации выбракованных растений. Технологический процесс заключается в следующем: машина движется по междурядью учетной делянки селекционных или семеноводческих посадок с минимально допустимой скоростью для визуализированной оценки апробаторами сектора обзора культурных растений. Апробаторы подают сигнал оператору при выявлении примесей или зараженных растений картофеля, что приводит к прекращению движения машины. Оператор управляет манипулятором, удаляя зараженное растение или примеси из почвы и укладывает их в сменный бункер, далее продолжается процесс выявления зараженных растений и примесей по обследуемой делянке или семеноводческой посадке.

На рисунках 7-10 показаны примеры современных комплексов зарубежных фирм для проведения работ по фитопро очистке селекционных и семеноводческих посадок картофеля, а в таблице



Рис. 7 – Селекционная машина «SELECTRON selection» компании "B. Naaktgeboren" (Нидерланды)

Fig. 7 – Selection machine "SELECTRON selection" of the company "B. Naaktgeboren" (Netherlands)



Рис. 8 – Селекционная машина «AARDAPPEL SELECTIEWAGENS» компании «Gercon» (Нидерланды)

Fig. 8 – Selection machine "AARDAPPEL SELECTIEWAGENS" of the company "Gercon" (Netherlands)



Рис. 9 – Селекционная машина «Goucon selection» разработана компанией «Oldenhuis agro» (Нидерланды)

Fig. 9 – The selection machine "Goucon selection" was developed by the company "Oldenhuis agro" (Netherlands)



Рис. 10 – Селекционная машина «VSS Agro Roguing Cart» (Нидерланды)

Fig. 10 – Breeding machine "VSS Agro Roguing Cart" (Netherlands)

Таблица – Технические характеристики представленных машин

Параметры	«SELECTRON selection» (Нидерланды)	«AARDAPPEL SELECTIEWAGENS» (Нидерланды)	«Goucon selection» (Нидерланды)	«VSS Agro Roguing Cart» (Нидерланды)
Габариты Д×Ш×В, мм		3500×2100×2600	5500×2300×2500	4800×2100×2300
Масса, кг.	1415	1200	2000	1200
Тип движителя	колесный	гусеничный	колесный	колесный
Тип силовой установки	ДВС	Аккумуляторные + солнечные батареи	ДВС	ДВС
Мощность силовой установки, л.с.	24	Электродвигатель,	35	18 (бензин) 28 (дизельное)
Рабочий цикл электросиловой установки, час.	-	До 12	-	-
Время зарядки силовой установки, час.	-	100	-	-
Пусковая установка	электростартер	электростартер	электростартер	электростартер
Количество обрабатываемых рядков, шт.	4	4	4	4, 6



Ширина колеи, см	регулируемая от 1500 до 1800	1500	1500	ступенчатая 1500, 1800
Ширина междурядий, см	75, 90	75	75	75
Привод движителей	механический	электрический	механический	гидравлический
Типоразмер колес	7,5R18	-	7,5×20	7,5×16 7,5×20
Наличие устройства для механизированного удаления выбракованного растения	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Наличие бункера для сбора выбракованных растений	имеется	имеется	имеется	имеется

Эти примеры демонстрируют разнообразие селекционных машин, доступных сегодня для селекции и семеноводства картофеля и овощных культур, которые, тем не менее, не в полной мере соответствуют требованиям к операциям по сорто-фиточистке. Важно отметить, что выбор конкретной машины зависит от многих факторов, включая требования к урожаю, доступные ресурсы и специфику конкретной агроэкосистемы [16-19].

Заключение

Анализ конструкций зарубежных селекционных машин показывает, что они выполняют частичную механизацию процесса, при этом сам контроль производится визуально, а удаление зараженных растений и сортопримесей производится оператором-апробатором вручную. Исходя из этих недостатков технологических процессов предлагается разработка роботизированного комплекса с цифровой системой интеллектуального управления для проведения фитосанитарных работ в посадках картофеля в селекции и семеноводстве. Предлагается также разработка комплекса агроприемов, ограничивающих распространение вирусных и других инфекционных заболеваний и обеспечивающих поддержание стабильных показателей продуктивности сорта в сочетании с получением максимальной семенной товарности и высокого качества супер-суперэлитного картофеля. Решение такой задачи является актуальным и имеет большое практическое и экономическое значение. Одним из возможных перспективных решений по конструкции рабочего органа для удаления растений картофеля могут быть приняты роботизированные манипуляторы грейферного типа, которые в настоящий момент используются на пересадке деревьев и в строительстве. Для их применения требуются разработки и обоснования их параметров применительно к физико-механическим свойствам растений картофеля.

Работа выполнена при государственной поддержке РФ конкурса 2023 года «Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых» Президентской программы исследовательских проектов, реализуемых веду-

щими учеными, в том числе молодыми учеными № 23-76-10062 "Разработка роботизированного комплекса с цифровой системой интеллектуального управления для ухода за растениями картофеля и исследованием закономерностей распространения инфекционных заболеваний в полевых условиях производства семян".

Список источников

1. Машинные технологии и техника для производства картофеля. — М.: Агроспас, 2010. — 316 с. isbn 978-5-904610-05-0 Под общей редакцией Н. Н. Колчина Рецензент — Н. И. Верещагин.
2. Использование нейронной сети для выявления больных растений картофеля / А. Г. Аксенов, В. С. Тетерин, А. Ю. Овчинников [и др.] // Аграрная наука. — 2022. — № 7-8. — С. 167-171. — DOI 10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-167-171.
3. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165795/
4. Интернет источник https://www.fsvps.ru/fsvps/about/phytosanitary_control.html
5. Интернет источник <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/planten-en-plantenproducten/phytosanitary-controls>
6. Luiz F. P. Oliveira, Antonio P. Moreira, and Manuel F. Silva. Advances in agriculture robotics: A state-of-the-art review and challenges ahead. *Robotics*, 10(2), 2021.
7. Redmond Shamshiri, Cornelia Weltzien, Ibrahim Hameed, Ian Yule, Tony Griff, Siva Balasundram, Lenka Pitonakova, Desa Ahmad, and Girish Chowdhary. Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11:1–14, 01 2018.
8. Baohua Zhang, Yuanxin Xie, Jun Zhou, Kai Wang, and Zhen Zhang. State-of-the-art robotic grippers, grasping and control strategies, as well as their applications in agricultural robots: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 177:105694, 2020.
9. Zhao De-An, Lv Jidong, Ji Wei, Zhang Ying, and Chen Yu. Design and control of an apple harvesting robot. *Biosystems Engineering*, 110(2):112 – 122,



2011.

10. Интернет источник <https://www.opitz-optimal.com/index.php?id=275&L=4>

11. Интернет источник <https://triptonkosti.ru/22-foto/korchevatel-svoimi-rukami-chertezhi.html>

12. Интернет источник <https://bentsteel.ru/shop/titan-max/?add-to-cart=2552>

13. Российский патент 2003 года по МПК B66C3/16 <https://patenton.ru/patent/RU2213690C2>

14. Российский патент 2020 года по МПК A01G 23/04 (2006.01) A01C 11/00 (2006.01) <https://patentimages.storage.googleapis.com/ae/8d/c3/6487633f6db8d5/RU204167U1.pdf>.

15. Интернет источник <https://structura-tex.ru/produktsiya/tehnika-dlya-peresadki-derevev/141-krona-pd-0-8>.

16. Аналитические исследования машинно-технологических комплексов для сорто-фитопро-чистки посадок картофеля и овощных культур в

селекции и семеноводстве / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов, М. А. Мосяков // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 4. – С. 76-82.

17. Mayer V., Vejchar D., Pastorková L. Measurement of potato tubers resistance against mechanical loading // Research in Agricultural Engineering. 2017. No. 2. P. 22-31.

18. Инновационное технологическое обеспечение производства овощных культур / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов [и др.]. – Москва : ООО "Цифровичок", 2022. – 318

19. Основы разработки автоматизированных машин для возделывания, уборки и послеуборочной обработки овощных культур и картофеля с цифровыми системами управления / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов [и др.] // Инженерные технологии и системы. – 2022. – Т. 32, № 1. – С. 145-173. – DOI 10.15507/2658-4123.032.202201.145-173

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya proizvodstva kartofelya*. — М.: Agrosplas, 2010. — 316 s. isbn 978-5-904610-05-0 Pod obshchej redakciej N. N. Kolchina Recenzent — N. I. Vereshchagin.

2. *Ispol'zovanie nejronnoj seti dlya vyyavleniya bol'nyh rastenij kartofelya* / A. G. Aksekov, V. S. Teterin, A. YU. Ovchinnikov [i dr.] // *Agramaya nauka*. – 2022. – № 7-8. – S. 167-171. – DOI 10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-167-171.

3. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165795/

4. *Internet istochnik* https://www.fsvps.ru/fsvps/about/phytosanitary_control.html

5. *Internet istochnik* <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/planten-en-plantenproducten/phytosanitary-controls>

6. Luiz F. P. Oliveira, Antonio P. Moreira, and Manuel F. Silva. *Advances in agriculture robotics: A state-of-the-art review and challenges ahead*. *Robotics*, 10(2), 2021.

7. Redmond Shamshiri, Cornelia Weltzien, Ibrahim Hameed, Ian Yule, Tony Grift, Siva Balasundram, Lenka Pitonakova, Desa Ahmad, and Girish Chowdhary. *Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming*. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11:1–14, 01 2018.

8. Baohua Zhang, Yuanxin Xie, Jun Zhou, Kai Wang, and Zhen Zhang. *State-of-the-art robotic grippers, grasping and control strategies, as well as their applications in agricultural robots: A review*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 177:105694, 2020.

9. Zhao De-An, Lv Jidong, Ji Wei, Zhang Ying, and Chen Yu. *Design and control of an apple harvesting robot*. *Biosystems Engineering*, 110(2):112 – 122, 2011.

10. *Internet istochnik* <https://www.opitz-optimal.com/index.php?id=275&L=4>

11. *Internet istochnik* <https://triptonkosti.ru/22-foto/korchevatel-svoimi-rukami-chertezhi.html>

12. *Internet istochnik* <https://bentsteel.ru/shop/titan-max/?add-to-cart=2552>

13. *Rossijskij patent 2003 goda po MPK B66C3/16* <https://patenton.ru/patent/RU2213690C2>

14. *Rossijskij patent 2020 goda po MPK A01G 23/04 (2006.01) A01C 11/00 (2006.01)* <https://patentimages.storage.googleapis.com/ae/8d/c3/6487633f6db8d5/RU204167U1.pdf>.

15. *Internet istochnik* <https://structura-tex.ru/produktsiya/tehnika-dlya-peresadki-derevev/141-krona-pd-0-8>.

16. *Analiticheskie issledovaniya mashinno-tekhnologicheskikh kompleksov dlya sorto-fitoprochistki posadok kartofelya i ovoshchnyh kul'tur v selekcii i semenovodstve* / A. S. Dorohov, A. V. Sibirev, A. G. Aksekov, M. A. Mosyakov // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. – 2022. – № 4. – S. 76-82.

17. Mayer V., Vejchar D., Pastorková L. Measurement of potato tubers resistance against mechanical loading // Research in Agricultural Engineering. 2017. No. 2. P. 22-31.

18. *Innovacionnoe tekhnologicheskoe obespechenie proizvodstva ovoshchnyh kul'tur* / A. S. Dorohov, A. V. Sibirev, A. G. Aksekov [i dr.]. – Moskva : ООО "Цифровичок", 2022. – 318

19. *Osnovy razrabotki avtomatizirovannyh mashin dlya vozdelevaniya, uborki i posleuborochnoj obrabotki ovoshchnyh kul'tur i kartofelya s cifrovymi sistemami upravleniya* / A. S. Dorohov, A. V. Sibirev, A. G. Aksekov [i dr.] // *Inzhenernye tekhnologii i sistemy*. – 2022. – Т. 32, № 1. – S. 145-173. – DOI 10.15507/2658-4123.032.202201.145-173



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

Аксенов Александр Геннадьевич, д-р техн. наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия, 1053vim@mail.ru

Трунов Максим Сергеевич, аспирант, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия, makstrunov1998@mail.ru

Петухов Сергей Николаевич, к.с-х н. Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия

Author information

Aksenov Alexander G., Doctor of Technical Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia, 1053vim@mail.ru

Trunov Maxim S., PhD student, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia, makstrunov1998@mail.ru

Petukhov Sergei N. PhD in Agricultural Science, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia,

Статья поступила в редакцию 03.10.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 03.10.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.3
DOI: 10.36508/RSATU.2023.38.65.014

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ

Алексей Анатольевич Голиков ¹✉, Сергей Николаевич Борычев ², Марья Александровна Липатова ³, Евгений Сергеевич Воротников ⁴

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

⁴ Академия ФСИН России, г. Рязань, Россия

¹ golikov.rgatu@yandex.ru

² 89066486088@mail.ru

³ lipatovamarya555@yandex.ru

⁴ evorotnikov559@gmail.com

Аннотация.

Проблема и цель. Клубни картофеля, получившие в ходе операционных процессов (уборка, транспортировка, послеуборочная доработка) механические повреждения, теряют не только свои товарные качества, но и возможность длительного хранения в пригодном для употребления/переработки состоянии. Поэтому цель данного исследования – изучение современных решений (как технических, так и технологических) в области «бережного» производства плодоовощной продукции.

Методология. При написании статьи были использованы стандартные методы теоретического и эмпирического научного исследования. Исходными данными послужили: статистические данные из открытых источников информации (статистика по объемам производства картофеля в мире), протоколы государственных испытаний картофелеуборочных машин, каталоги и буклеты производителей сельскохозяйственной техники, результаты патентного поиска специализированной тары для перевозки плодоовощной продукции.

Результаты. Проведенный анализ статистических данных показывает, что при лидирующих позициях РФ среди мировых производителей картофеля имеет место сравнительно низкий показатель эффективности (18 место из 20) по показателю «урожайность клубней» среди лидеров по производству картофеля. С одной стороны, на данный показатель сильно влияет разнообразие почвенно-климатических условий на территории страны (подразумеваются территории, где в промышленных масштабах возделывают картофель), но и техническая составляющая оказывает свой негативный вклад. В картофелеводческих хозяйствах РФ до сих пор используется морально устаревшая техника, не соответствующая агротехническим требованиям. Применяются технологии, обеспечивающие сравнительно невысокие показатели как технологического, так и экономического характера. Рассмотренные в статье решения (уборка картофеля комбайнами с возможностью сбора урожая в транспортную тару, перспективные конструкции контейнеров для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции) в перспективе способны поднять производство картофеля в стране на более высокий уровень.

Заключение. Изучение причин возникновения механических повреждений на свежубранных клубнях картофеля позволяет сформулировать направления научных изысканий, направленных на минимизацию их влияния. Современная картофелеуборочная техника обеспечивает полное соблюдение агротехнических требований, но на сегодняшний день существует ряд проблем, связанных с внутрихозяйственными перевозками плодоовощной продукции. Применение тарного метода вывоза свежубранных клубней с поля в совокупности с современными конструкциями контейнеров позволяет существенно снизить общее количество механических повреждений груза.

Ключевые слова: транспортное средство, контейнер, механические повреждения, клубень картофеля, комбайн

Для цитирования: Голиков А. А., Борычев С. Н., Липатова М. А., Воротников Е. С. Проблемы современного производства картофеля // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №4. С 106-112 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.38.65.014](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.38.65.014)

Original article



PROBLEMS OF MODERN POTATO PRODUCTION

Alexey A. Golikov ¹✉, Sergey N. Borychev ², Maria A. Lipatova ³, Evgeny S. Vorotnikov ⁴

^{1,2,3} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

⁴ Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia

¹ golikov.rgatu@yandex.ru

² 89066486088@mail.ru

³ lipatovamarya555@yandex.ru

⁴ evorotnikov559@gmail.com

Abstract.

Problem and purpose. Potato tubers that have received mechanical damage during operational processes (harvesting, transportation, post-harvest refinement) lose not only their marketable qualities, but also the possibility of long-term storage in a usable/recyclable condition. Therefore, the purpose of this study is to study modern solutions (both technical and technological) in the field of "careful" production of fruit and vegetable products.

Methodology. When writing the article, standard methods of theoretical and empirical scientific research were used. The initial data were: statistical data from open sources of information (statistics on the volume of potato production in the world), protocols of state tests of potato harvesters, catalogs and booklets of manufacturers of agricultural machinery, the results of a patent search for specialized containers for the transportation of fruit and vegetable products.

Results. The analysis of statistical data shows that with the leading positions of the Russian Federation among the world potato producers, with relatively low efficiency indicators (18th place out of 20 in terms of "tuber yield" among the leaders in potato production). On the one hand, this indicator is strongly influenced by the variety of soil and climatic conditions throughout the country (meaning territories where potatoes are cultivated on an industrial scale), but the technical component also has its negative contribution. Potato farms in the Russian Federation still use obsolete equipment that does not meet agrotechnical requirements. Technologies are used that provide relatively low indicators of both technological and economic nature. The solutions considered in the article (potato harvesting by combines with the possibility of harvesting in transport containers, promising container designs for on-farm transportation of fruit and vegetable products) in the future can increase potato production in the country to a higher level.

Conclusion. The study of the causes of mechanical damage on freshly harvested potato tubers allows us to formulate directions of scientific research aimed at minimizing their influence. Modern potato harvesting equipment ensures full compliance with agrotechnical requirements, but today there are a number of problems associated with on-farm transportation of fruit and vegetable products. The use of the container method of removing freshly harvested tubers from the field in combination with modern container designs can significantly reduce the total amount of mechanical damage to the cargo.

Key words: vehicle, container, mechanical damage, potato tuber, harvester

For citation: Golikov A. A., Borychev S. N., Lipatova M. A., Vorotnikov E. S. Problems of modern potato production // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, N.4. P. 106-112 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.38.65.014>

Введение

Картофель наряду с рисом, пшеницей и кукурузой является весьма популярным продуктом в рационе питания человека. В промышленных

масштабах его производят более чем в 40 странах мира (объем валового сбора превышает млн тонн в год) [1]. Рейтинг лидеров по данным за 2022 г. представлен на рисунке 1.

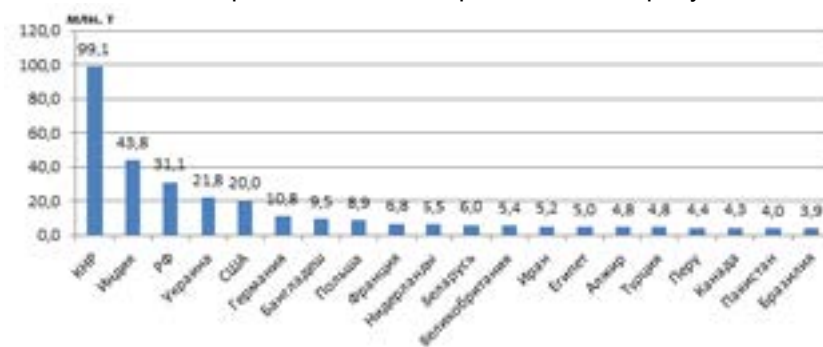


Рис. 1 – Рейтинг стран по объемам производства картофеля (за 2022 г.) [1]

Fig. 1 - Ranking of countries by potato production (for 2022) [1]

Россия входит в тройку стран с наибольшими объемами производства картофеля, уступая лишь

Китаю и Индии. При этом столь внушительные показатели были достигнуты благодаря обширным



посадочным площадям (в РФ их площадь составляет 2,03 млн га, в Китае – 5,81 млн га, в Индии – 2,13 млн га) [1]. Если же оценивать производство

по показателю урожайности картофеля, то картина будет выглядеть следующим образом (рис. 2).

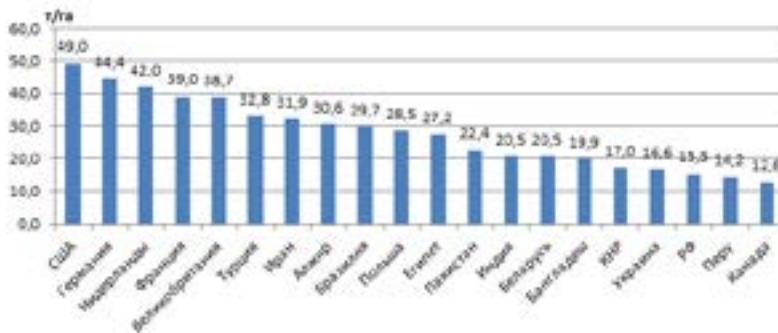


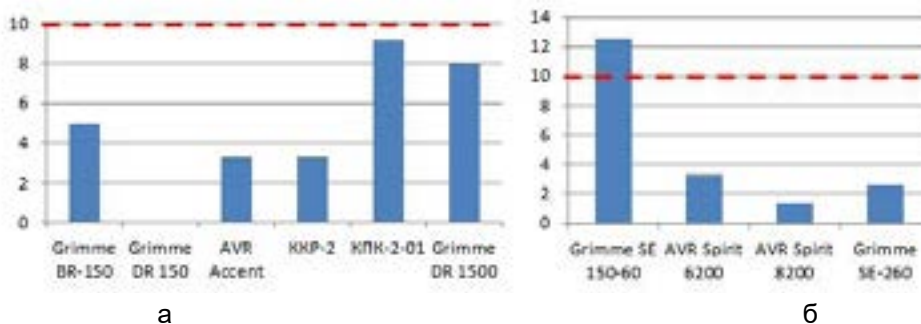
Рис. 2 – Рейтинг стран по показателю урожайности картофеля (за 2022 г.) [1]

Fig. 2 – Ranking of countries in terms of potato yield (for 2022) [1]

В итоге имеем следующее: РФ занимает 18 место в рейтинге производителей картофеля по величине сбора (усредненного) с 1 га посадочных площадей. И причин тому достаточно, например: разнообразие природно-климатических условий (многие сельскохозяйственные производители и КФХ возделывают картофель в условиях, сильно отличающихся от оптимальных); высокая доля морально устаревшей картофелеуборочной техники (в хозяйствах до сих пор применяются картофелеуборочные машины КПК-2-01, Grimme DR1500, AVR 220BK Variant и прочее); недостаток современного и качественного семенного материала [2]; ошибки и просчеты в технологическом плане.

На территории России преимущественно применяются три технологии уборки картофеля: поточная, перевалочная и прямоточная [3]; последняя с технологической точки зрения является наиболее эффективной (общее количество повреждений клубней составляет 20,2 % в отличие от поточной технологии – 66,4 % или перевалочной – 31,3 %).

Общее количество механических повреждений клубней в рамках одной технологии сильно зависит от комплекса применяемой уборочной и транспортной техники. Ниже приведены результаты государственных испытаний некоторых моделей комбайнов (рис. 3).



а – картофелеуборочные машины, построенные по классической компоновочной схеме;
б – картофелеуборочные машины, построенные по подъемно-поворотной компоновочной схеме;
– допустимый уровень, согласно агротехническим требованиям

Рис. 3 – Качество работы картофелеуборочных машин по показателю общие повреждения клубней [1]

а – potato harvesters built according to the classical layout scheme;
б – potato harvesters built according to the lifting and turning layout scheme;
acceptable level, according to agrotechnical requirements.

Fig. 3 – The quality of potato harvesters in terms of total damage to tubers [1]

Стоит заметить, что за исключением единичного случая (испытания Grimme SE 150-60 в 2017 году на МИС «Северо-Западная государственная зональная машиноиспытательная станция») все исследованные модели уборочной техники соответствуют агротехническим требованиям. При этом лишь небольшая часть из них имеет достаточно высокий показатель «повреждений клубней» (КПК-2-01, Grimme DR 1500, Grimme BR-150).

В случаях, когда необходимо собрать урожай с минимальным количеством поврежденных клубней (при заготовке семенного материала либо

товарного продукта высокого качества – для быстрой реализации в розничной торговой сети), целесообразнее всего использовать комбайны с ручной загрузкой свежесобранного картофеля в транспортную тару.

Ранее лишь компания IMAC (Италия) выпускала картофелеуборочные комбайны, обеспечивающие возможность загрузки свежесобранного картофеля в транспортную тару. Технические характеристики модели SPECIAL представлены в таблице 1.



Таблица 1 – Характеристики картофелеуборочной машины IMAC SPECIAL [4]

Параметр	Значение
Длина	770 мм
Ширина	240 мм
Высота	170 мм
Вес	1800 кг
Количество убираемых рядков	1
Потребляемая мощность	50 кВт
Ширина сепарирующего элеватора	80 мм
Производительность за смену (8 часов)	0,30 - 0,70 Га

Современный подход к разработке рабочих органов картофелеуборочных машин (прутки сепарирующего элеватора покрыты упругим материалом) в совокупности с ручной укладкой клубней в тару позволяет добиться высоких агротехнических результатов (минимальное количество клубней с механическими повреждениями и максимальная чистота картофельного вороха). При этом комбайн

IMAC SPECIAL не лишен ряда недостатков: высокие трудозатраты (выборку и укладку клубней в тару осуществляет от двух до 5 человек) и низкая производительность.

Ощущая потребность в аналогичной технике, компания Grimme вывела на рынок собственные разработки: модели КТ-75 и КТ-175 (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристики картофелеуборочных машин Grimme [5]

Параметр	Значение	
	КТ-75	КТ-175
Длина	5,08 м	5,3 м
Ширина	3,75 м	3,65 м
Высота	2,23 м	2,24 м
Вес	1800 кг	1900 кг
Количество убираемых рядков	1	1
Ширина инспекционного стола	0,44 м	0,44 м
Требуемый персонал	2-4	2-4
Ширина сепарирующего элеватора	0,75 м	0,75 м
Производительность за смену (8 часов)	0,30 - 0,70 Га	0,30 - 0,70 Га
Потребляемая мощность	50 кВт	50 кВт

Продукция фирмы Grimme имеет схожие технологические и эксплуатационные показатели с комбайном IMAC SPECIAL, принципиальная разница лишь в стоимости машин. В обоих случаях свежесобранный картофель вручную складывают в тару, которую после заполнения спускают на поле для последующей транспортировки к месту назначения [6].

В качестве транспортной тары используют поддоны ящичные специализированные, соответствующие ГОСТ 21133-87 (вместимость от 0,54 до 1,12 м³).

Материалы и методы исследования

При использовании транспортной тары данного вида (в стандартном исполнении) клубни картофеля будут получать дополнительные механические повреждения. Локализация мест их возникновения приведена на рис. 4.

Условно можно выделить 3 зоны:

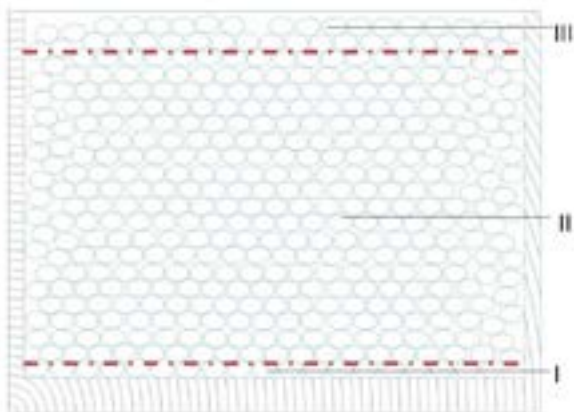
- зона I – самый нижний ряд клубней в таре. Они будут иметь максимальное количество механических повреждений (задача ;
- зона II – средняя часть картофельного во-

роха в таре. Клубни, расположенные в ней, будут иметь умеренное количество механических повреждений;

– зона III – верхние ряды клубней в таре. Они будут иметь существенное количество механических повреждений (задача Герца о взаимодействии двух упругих тел криволинейной формы [7]). При этом ситуация может усугубиться в зависимости от скорости движения транспортного средства и его технического состояния, а также от типа и качества дорожного покрытия.

Представленная выше схема наглядно демонстрирует проблемы при контейнерном методе вывоза свежесобранного картофеля с поля и возможные пути их решения.

В статье были использованы: статистические данные по странам, занимающимся промышленным производством картофеля (за 2022 год); протоколы исследований картофелеуборочных машин на государственных машиноиспытательных станциях; каталоги производителей сельскохозяйственной техники (IMAC, Grimme), результаты патентного поиска.



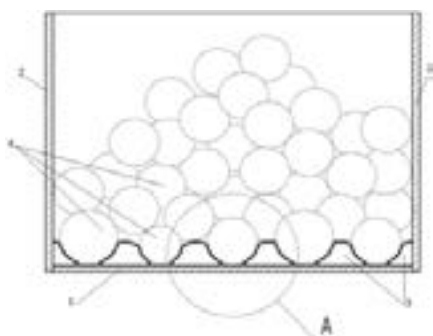
I, III – зона максимального риска; II – зона умеренного риска

Рис. 4 – Локализация травмоопасных зон для клубней картофеля в транспортной таре

I, III – maximum risk zone; II – moderate risk zone

Fig. 4 – Localization of injury-prone areas for potato tubers in transport containers

Методы исследований: анализ (достижений науки и техники в области производства картофеля); обобщение (статистических данных для формулировки цели исследования), наблюдение (изучение причин возникновения механических



1 – дно транспортной тары; 2 – стенки транспортной тары; 3 – полые выступы, заполненные газом; 4 – клубень картофеля

Рис. 5 – Схема контейнера для перевозки плодоовощной продукции [10]

1 – the bottom of the transport container; 2 – the walls of the transport container; 3 – hollow projections filled with gas; 4 – potato tuber

Fig. 5 – Diagram of a container for the transportation of fruit and vegetable products [10]

Заключение

Для получения качественного продукта необходимо уделять внимание всем этапам его производства: от уборки картофеля с использованием современной техники до использования картофелехранилищ с функцией кондиционирования при длительном хранении.

Использование транспортной тары для вывоза свежесобранного картофеля с поля решает ряд проблем, способствующих появлению механических повреждений на клубнях:

– снижение общего количества перегрузок картофеля (клубни загружают в тару на комбайне – с помощью перегрузочного устройства тару «бережно» переносят в транспортное средство – в месте назначения тару при помощи разгрузочного устройства перемещают в хранилище) [11];

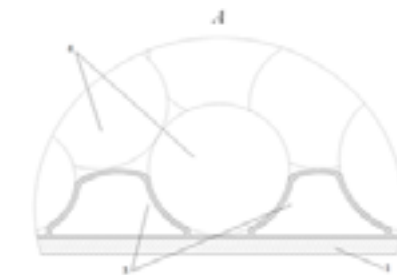
повреждений на клубнях при их вывозе с поля в транспортной таре), описание (разработка технического решения, предназначенного для снижения механических повреждений клубней при их транспортировке тарным методом).

Результаты исследований и их обсуждение

Изучив имеющиеся наработки из открытых источников информации [8, 9], разработали контейнер для перевозки плодоовощной продукции [10], схема которого приведена ниже (рис. 5).

Как показано на схеме (рис. 5, местный вид) клубни картофеля на дне контейнера располагаются в ячейках, образованных полыми выступами из упругого материала. При наезде на неровность дорожного покрытия транспортное средство совершает вынужденные колебания, которые передаются грузу, вследствие чего расположенные в таре клубни картофеля совершают перемещение в вертикальном направлении (подскок с последующим падением на дно контейнера).

В отличие от серийной тары в разработанном контейнере часть энергии, с которой клубни взаимодействуют с его основанием, компенсируется за счет упругой деформации выступов. Это способствует существенному снижению количества механических повреждений клубней (преимущественно в нижнем слое картофельного вороха).



– при загрузке в тару (в отличие от загрузки бункера комбайна или перегрузке элеватором в рядом идущее транспортное средство, клубни в тару складывают вручную);

– при погрузочно-разгрузочных операциях (при разгрузке самосвального кузова транспортного средства доля клубней, получивших при этом процессе механические повреждения, может достигать 5 %, а при отсутствии перегрузочных устройств, к примеру, приемных бункеров, может достигать 10 %) [12].

На рынке представлен широкий ассортимент транспортной тары, предназначенной для перевозки картофеля, овощей, фруктов и бахчевых культур. Помимо своих бесспорных преимуществ, таких как универсальность, стоимость и т.д., все они имеют один существенный недостаток – низкую сохранность легкоповреждаемой сельскохо-



зайственной продукции.

Рассмотренный в статье контейнер – не единственный пример научных разработок в области повышения качества перевозки легкоповреждаемых грузов [13, 14]. Применение подобных технических решений в среднесрочной перспективе позволит снизить себестоимость производства в картофелеводческих хозяйствах РФ.

Список источников

1. Список стран по производству картофеля [Электронный ресурс] // AtlasBig.com. URL: <https://www.atlasbig.com/ru/strany-po-proizvodstvu-kartofelya> (дата обращения 29.08.2023).

2. Растениеводство в России: урожай 2022 года, импортозамещение, статистика по экспорту [Электронный ресурс] // АО АК «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ». URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rastenievodstvo-v-rossii-urozhay-2022-goda-importozameshchenie-statistika-po-eksportu> (дата обращения 29.08.2023)

3. Машинные технологии и техника для производства картофеля / [Туболев С. С. и др.]; под общ. ред. Н. Н. Колчина. – Москва : Агроспас, 2010. – 311 с. – ISBN 978-5-904610-05-0. – EDN QLBC TZ.

4. Официальный сайт производителя сельскохозяйственной техники Imac [Электронный ресурс]. URL: <https://imac-rondelli.it/en/special-potato/>. (дата обращения 29.08.2023).

5. Официальный сайт производителя сельскохозяйственной техники Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG [Электронный ресурс]. URL: <https://products.grimme.com/ru> (дата обращения 29.08.2023).

6. Охотников, Б.Л. Повышение производительности транспортных средств при уборке урожая картофеля и овощей / Б. Л. Охотников, Ю. Н. Строганов, В. Н. Егоров // Известия Международной академии аграрного образования. – 2020. – № 48. – С. 25-28. – EDN YYWQYC.

7. Popov V.L. Contact Mechanics and Friction / Popov V.L. // Physical Principles and Applications, Springer-Verlag, 2010. – 362 p.

8. Патент № 2532829 С1 Российская Федерация, МПК В65D 85/34, А01F 25/00. Устройство для транспортировки плодоовощной продукции : № 2013113331/13 : заявл. 27.03.2013 : опубл. 10.11.2014 / И. А. Успенский, А. А. Симдянкин, И. А. Юхин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

"Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ). – EDN ENRUQU.

9. Патент № 2102298 С1 Российская Федерация, МПК В65D 85/34. ящик для фруктов : № 5033160/13 : заявл. 19.03.1992 : опубл. 20.01.1998 / Н. Д. Бирючевский. – EDN WTDVZE.

10. Патент на полезную модель № 166384 U1 Российская Федерация, МПК В65D 85/34. Контейнер для перевозки плодоовощной продукции : № 2016115317/12 : заявл. 19.04.2016 : опубл. 20.11.2016 / В. А. Шафоростов, И. А. Юхин, И. А. Успенский [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ). – EDN IBXDTL.

11. Гречкин, И. Д. Организация погрузочно-транспортных работ при уборке плодоовощной продукции / И. Д. Гречкин, М. Л. Хадашов // Современные научные исследования и инновации. – 2020. – № 7(111). – С. 13. – EDN TYQLXP.

12. Голиков, А. А. Совершенствование уборки картофеля : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Голиков Алексей Анатольевич. – Рязань, 2022. – 292 с. – EDN SQQTJG.

13. Патент на полезную модель № 217289 U1 Российская Федерация, МПК В65D 81/03, В65D 85/34. контейнер для перевозки плодоовощной продукции : № 2022131488 : заявл. 01.12.2022 : опубл. 24.03.2023 / А. А. Панова, С. В. Стрыгин, И. А. Успенский [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN JAWTSS.

14. Патент на полезную модель № 176885 U1 Российская Федерация, МПК В65D 85/00. Устройство для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции : № 2017126554 : заявл. 24.07.2017 : опубл. 31.01.2018 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, С. А. Креков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ). – EDN IZBAAR.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Spisok stran po proizvodstvu kartofelya [Elektronnyj resurs] // AtlasBig.com. URL: <https://www.atlasbig.com/ru/strany-po-proizvodstvu-kartofelya> (data obrashcheniya 29.08.2023).

2. Rastenievodstvo v Rossii: urozhaj 2022 goda, importozameshchenie, statistika po eksportu [Elektronnyj resurs] // AO AK «DELOVOJ PROFIL'». URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rastenievodstvo-v-rossii-urozhay-2022-goda-importozameshchenie-statistika-po-eksportu> (data obrashcheniya 29.08.2023)

3. Machine technologies and equipment for potato production / [Tubolev S. S. et al.]; under the general ed. of N. N. Kolchin. – Moscow : Agropas, 2010. – 311 p. – ISBN 978-5-904610-05-0. – EDN QLBC TZ.

4. Oficial'nyj sayt proizvoditelya sel'skohozyajstvennoj tekhniki Imac [Elektronnyj resurs]. URL: <https://imac-rondelli.it/en/special-potato/>. (data obrashcheniya 29.08.2023).

5. Oficial'nyj sayt proizvoditelya sel'skohozyajstvennoj tekhniki Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG [Elektronnyj resurs]. URL: <https://products.grimme.com/ru> (data obrashcheniya 29.08.2023).



6. Ohotnikov, B. L. *Povyshenie proizvoditel'nosti transportnyh sredstv pri uborke urozhaya kartofelya i ovoshchej* / B. L. Ohotnikov, YU. N. Stroganov, V. N. Egorov // *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*. – 2020. – № 48. – S. 25-28. – EDN YYWQYC.

7. Popov V.L. *Contact Mechanics and Friction* / Popov V.L. // *Physical Principles and Applications*, Springer-Verlag, 2010. – 362 p.

8. Patent № 2532829 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK B65D 85/34, A01F 25/00. *Ustrojstvo dlya transportirovki plodoovoshchnoj produkcii* : № 2013113331/13 : zayavl. 27.03.2013 : opubl. 10.11.2014 / I. A. Uspenskij, A. A. Simdyankin, I. A. YUhin [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU VPO RGATU). – EDN EHRUQU.

9. Patent № 2102298 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK B65D 85/34. *yashchik dlya fruktov* : № 5033160/13 : zayavl. 19.03.1992 : opubl. 20.01.1998 / N. D. Biryuchevskij. – EDN WTDVZE.

10. Patent na poleznuyu model' № 166384 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK B65D 85/34. *Kontejner dlya perevozki plodoovoshchnoj produkcii* : № 2016115317/12 : zayavl. 19.04.2016 : opubl. 20.11.2016 / V. A. SHaforostov, I. A. YUhin, I. A. Uspenskij [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU VO RGATU). – EDN IBXDTL.

11. Grechkin, I. D. *Organizaciya pogruchno-transportnyh rabot pri uborke plodoovoshchnoj produkcii* / I. D. Grechkin, M. L. Hadashov // *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii*. – 2020. – № 7(111). – S. 13. – EDN TYQLXP.

12. Golikov, A. A. *Sovershenstvovanie uborki kartofelya : special'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva"* : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskix nauk / Golikov Aleksej Anatol'evich. – Ryazan', 2022. – 292 s. – EDN SQQTJG.

13. Patent na poleznuyu model' № 217289 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK B65D 81/03, B65D 85/34. *kontejner dlya perevozki plodoovoshchnoj produkcii* : № 2022131488 : zayavl. 01.12.2022 : opubl. 24.03.2023 / A. A. Panova, S. V. Strygin, I. A. Uspenskij [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva". – EDN JAWTSS.

14. Patent na poleznuyu model' № 176885 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK B65D 85/00. *Ustrojstvo dlya transportirovki legkopovrezhdaemoj plodoovoshchnoj produkcii* : № 2017126554 : zayavl. 24.07.2017 : opubl. 31.01.2018 / N. V. Byshov, S. N. Borychev, S. A. Krekov [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU VO RGATU). – EDN IZBAAR.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Голиков Алексей Анатольевич, д-р техн. наук, профессор кафедры автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия, golikov.rgatu@yandex.ru

Борычев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, первый проректор, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 89066486088@mail.ru

Липатова Марья Александровна, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия, lipatovamarya555@yandex.ru

Воротников Евгений Сергеевич, преподаватель кафедры математики и информационных технологий управления, Академия ФСИН России, Рязань, Россия, evorotnikov559@gmail.com

Author information

Golikov Alexey A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automotive Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, golikov.rgatu@yandex.ru

Borychev Sergey N., Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-Rector, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, 89066486088@mail.ru

Lipatova Maria A., postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, lipatovamarya555@yandex.ru

Vorotnikov Evgeny S., Lecturer of the Department of Mathematics and Information Technology Management of the Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia, evorotnikov559@gmail.com

Статья поступила в редакцию 01.10.2023; одобрена после рецензирования 21.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 01.10.2023; approved after reviewing 21.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.173/.372
DOI: 10.36508/RSATU.2023.63.14.015

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЦПГ ДВИГАТЕЛЯ ПО ДАВЛЕНИЮ ГАЗОВ В КАРТЕРЕ

Отари Назирович Дидманидзе¹✉, **Александр Игоревич Сучков**², **Сергей Николаевич Девянин**³, **Александр Вячеславович Бугаев**⁴, **Артёмбек Сергеевич Гузалов**⁵

^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», Россия

¹ didmanidze@rgau-msha.ru

² suchkov_ai@yandex.ru

³ s.devyanin@rgau-msha.ru

⁴ ForSteem33@yandex.ru

⁵ guzalov@rgau-msha.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Достоверность показателей диагностики при оценке работоспособности двигателей может быть значительно повышена за счет оценки их состояния при диагностировании в условиях непрерывной эксплуатации тракторов. Цель исследований заключалась в подтверждении гипотезы использования скорости нарастания давления газов в закрытом картере двигателя в качестве диагностического параметра технического состояния цилиндропоршневой группы (ЦПГ) для двигателей типа Д-243.

Методология. Исследования по измерению расхода картерных газов проводились на лабораторной базе кафедры «Тракторы и автомобили» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на двигателях Д-240 и Д-243 минского моторного завода. Двигатели имели различную наработку и техническое состояние цилиндропоршневой группы. Исследования включали измерение расхода картерного газа и давления в закрытом картере двигателей Д-240 № 393170 и Д-243 № 213436 в условиях испытательного стенда и двигателя Д-240 № 248100 в составе трактора МТЗ-80 при изменении частоты вращения вала от 800 до 2200 мин⁻¹ на режиме холостого хода. Измерение объемного расхода газа осуществлялось газовым счетчиком, имеющим предел допускаемой относительной погрешности в диапазоне основного расхода газа при температуре +20° С ± 1,5 % и порог чувствительности счетчика не более 0,2 л/мин. Датчик регистрации давления имеет диапазон измерения избыточного давления от 0 до 25 кПа, рабочий диапазон температуры 0-85° С, погрешность измерений ± 2,5 %, чувствительность 90 мВ/кПа и время отклика 1,0 мс.

Результаты. Результаты регистрации давления газа в картерном пространстве после его закрытия показали возможность использования скорости нарастания давления в качестве характеристики расхода картерных газов или диагностического параметра для оценки технического состояния ЦПГ. Для двигателей типа Д-243 граничные значения скорости нарастания давления составляют: 1,1 кПа/с для нормального состояния ЦПГ; 2,5 кПа/с для допустимого состояния ЦПГ; 3,5 кПа/с для предельного состояния ЦПГ.

Заключение. Разработанная методика расчета расхода картерных газов и изменения давления в картере при перекрытии отвода газа достоверно описывает изменение давления в картере и позволяет прогнозировать расход картерных газов с погрешностью не более 10 %.

Ключевые слова: сельскохозяйственные тракторы, оценка технического состояния, неисправность, цилиндропоршневая группа, диагностический параметр, результаты эксперимента

Для цитирования: Дидманидзе О.Н., Сучков А.И., Девянин С.Н., Бугаев А.В., Гузалов А.С. Оценка состояния ЦПГ двигателя по давлению газов в картере // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15, №4 С. 113-120 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.63.14.015>

Original article

ASSESSMENT OF THE CONDITION OF THE ENGINE CPG BY GASE PRESSURE IN THE CRANKCASE

Otari N. Didmanidze¹✉, **Alexander I. Suchkov**², **Sergey N. Devyanin**³, **Alexander V. Bugaev**⁴, **Artembek S. Guzalov**⁵

© Дидманидзе О.Н., Сучков А.И., Девянин С.Н., Бугаев А.В., Гузалов А.С. 2023 г.



¹ didmanidze@rgau-msha.ru

² suchkov_ai@yandex.ru

³ s.devyanin@rgau-msha.ru

⁴ ForSteem33@yandex.ru

⁵ guzalov@rgau-msha.ru

Annotation.

Problem and purpose. The reliability of diagnostic indicators when assessing the performance of engines can be significantly increased by assessing their condition during diagnostics for the conditions of continuous operation of tractors. The purpose of the research was to confirm the hypothesis of using the rate of increase in gas pressure in a closed engine crankcase as a diagnostic parameter of the technical condition of the CPG for engines of the D-243 type.

Methodology. Research on measuring the flow of crankcase gases was carried out at the laboratory base of the Department of Tractors and Automobiles of the Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev on D-240 and D-243 engines from the Minsk Motor Plant. The engines had different operating hours and technical condition of the cylinder-piston group. The studies included measurement of crankcase gas flow and pressure in the closed crankcase of engines D-240 No. 393170 and D-243 No. 213436 under the conditions of a test bench and engine D-240 No. 248100 as part of the MTZ-80 tractor when the shaft speed changed from 800 to 2200 min.⁻¹ at idle. The volumetric gas flow rate was measured with a gas meter, which has a permissible relative error limit in the range of the main gas flow rate at a temperature of +20° C ± 1.5 % and a meter sensitivity threshold of no more than 0.2 l/min. The pressure recording sensor has a measurement range of excess pressure from 0 to 25 kPa, an operating temperature range of 0-85° C, a measurement error of ±2.5 %, a sensitivity of 90 mV/kPa and a response time of 1.0 ms.

Results. The results of recording the gas pressure in the crankcase space after its closure showed the possibility of using the rate of pressure increase as a characteristic of the crankcase gas flow rate or a diagnostic parameter for assessing the technical condition of the CPG. For D-243 type engines, the limit values of the pressure rise rate are: 1.1 kPa/s for the normal state of the CPG; 2.5 kPa/s for the permissible state of the CPG; 3.5 kPa/s for the limit state of the CPG.

Conclusion. The developed method for calculating the crankcase gas flow rate and the change in pressure in the crankcase when the gas outlet is shut off reliably describes the change in crankcase pressure and makes it possible to predict the crankcase gas flow rate with an error of no more than 10%.

Key words: agricultural tractors, assessment of technical condition, malfunction, cylinder-piston group, diagnostic parameter, experimental results

For citation: Didmanidze O.N., Suchkov A.I., Devyanin S.N., Bugaev A.V., Guzalov A.S. Assessing the condition of the engine CPG based on gas pressure in the crankcase // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023, T.15, N.4, P. 113-120 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.63.14.015>

Введение

Значительное повышение эффективности используемой техники достигается путем внедрения современных методов и средств технического диагностирования. Техническое диагностирование даёт возможность увеличить межремонтный ресурс узлов и агрегатов, предотвратить демонтаж и разборку агрегатов и отдельных механизмов, снизить простои по техническим причинам, сократить трудоёмкость технического обслуживания и эксплуатационные затраты, что значительно повышает эффективность использования техники [1]. Согласно статистическим данным по некоторым типам машин на долю дизельных двигателей приходится до 50 % отказов, а трудоёмкость выполняемых работ по их устранению достигает 40 % от общего времени. Аналитические данные в работе [2] по надёжности систем и механизмов в двигателе распределяются следующим образом: системы охлаждения и смазки – до 10 % отказов; газораспределительный механизм – до 15 %; цилиндропоршневая группа – до 20 %; система питания – до 45 % [2,3].

Существующими методами и средствами проводится тестовое диагностирование в установленных тормозных и бестормозных режимах и неустановившихся бестормозных режимах. Функциональные параметры работы двигателей при диагностировании и в условиях реальной эксплуатации машинно-тракторных агрегатов (МТА) значительно различаются, что приводит к потере части информации об их техническом состоянии и, следовательно, снижению достоверности снимаемых показателей [4].

Следовательно, достоверность диагноза при оценке работоспособности двигателей может быть значительно повышена за счет оценки их состояния при диагностировании в условиях непрерывной эксплуатации тракторов. Поставленная задача может быть реализована в рамках диагностирования состояния ЦПГ двигателя по давлению газов в картере, например, как это предложено в работе [5].

Таким образом, своевременное и качественное диагностирование технического состояния цилиндропоршневой группы (ЦПГ) позволит обеспечить высокую техническую готовность техники и вы-



полнение технологических процессов в заданные сроки, сократить эксплуатационные затраты, повысить эффективность деятельности сельскохозяйственных предприятий.

Цель исследований заключалась в подтверждении гипотезы использования скорости нарастания давления газов в закрытом картере двигателя в качестве диагностического параметра технического состояния ЦПГ для двигателей типа Д-243.

Для достижения поставленной цели была принята следующая программа экспериментальных исследований:

1) оценить достоверность метода измерений объема по скорости нарастания давления воздуха в замкнутом объеме, для чего определить объем картерного пространства двигателей типа Д-243;

2) на двигателях с различным техническим состоянием ЦПГ сопоставить результаты измерений расхода картерных газов непосредственно расходомером и по скорости нарастания давления при прекращении отвода газов из картера.

Методика исследований

Исследования по измерению расхода картерных газов проводились на лабораторной базе кафедры «Тракторы и автомобили» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на двигателях Д-240 и Д-243 минского моторного завода [5]. Двигатели имели различную наработку и техническое состояние цилиндропоршневой группы. Двигатель Д-240 № №248100 (1981 г. выпуска) был установлен на тормозном стенде и использовался в учебном процессе кафедры. Двигатель Д-240 № 393170 был установлен на тракторе МТЗ-80. Двигатель Д-243 № 213436 был установлен на стенд вместо двигателя Д-240 № №248100 и в процессе исследований проходил обкатку [7].

Измерение объема картерного пространства проводилось с помощью подачи воздуха заданного расхода в закрытый картер и регистрации скорости нарастания в нем давления. Процесс измерений можно описать следующим образом в соответствии с изображенной схемой установки (рис. 1, а).

От источника сжатого воздуха 1 через газовый редуктор 2 с манометром 3 подается воздух, расход которого Q_v регистрируется газовым расходомером 8 и регулируется краном 4. После установления режима потока и регистрации расхода расходомером 8 включается система регистрации 9 времени и давления в картере с помощью датчика давления 7. Перекрывается кран выхода воздуха 6 и регистрируется процесс изменения давления в картере.

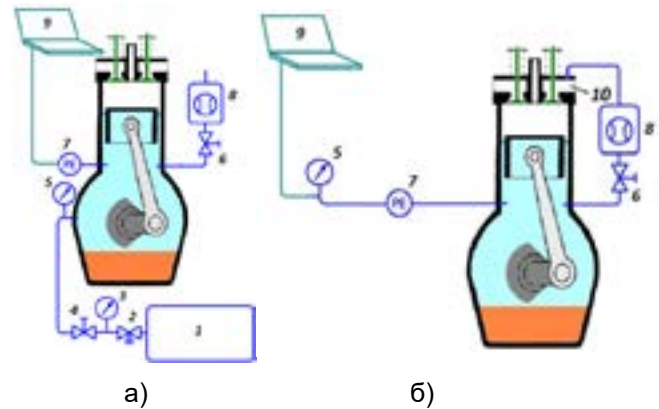
При достижении заданного давления, регистрируемого по манометру 5, перекрывается кран 4 и продолжается регистрация изменения давления в картере (наличие утечек газа из пространства) измерительной системой 9 в течение ≈ 1 мин. Открывается кран 6 и избыточное давление стравливается из измеряемого объема.

По результатам полученных измерений определяются: начальное давление в картере P_1 , время Δt повышения давления до P_2 , количество поступившего за это время в картер воздуха при

расходе Q_v , падение давления в картере ΔP_y после перекрытия крана 4 за такое же время Δt и рассчитывается объем картера V_k по формуле:

$$V_k = \frac{Q_v \cdot \Delta t}{(\Delta p + 0,5 \cdot \Delta p_y)} \cdot p_2 \quad (1)$$

При установке избыточного давления на выходе после редуктора 300 кПа и повышении давления в картере в процессе измерений до уровня избыточного давления 25 кПа [7] отношение абсолютных давлений на входе и выходе крана 4 (рис. 1, а) будет составлять 2,39, что больше критического перепада для воздуха, равного 1,89. Таким образом, режим течения газа в кране 2 будет критическим и не будет зависеть от изменения давления воздуха в картере, т.е. расход воздуха будет сохраняться постоянным. Предварительные результаты испытаний данного метода на емкости известного объема (20 л) показали, что погрешность измерения не превышает 2 % от измеренного объема.



1 – ресивер; 2 – газовый редуктор; 3, 5 – манометр; 4, 6 – кран; 7 – датчик давления; 8 – газовый счетчик; 9 – система регистрации; 10 – впускной коллектор
Рис. 1 – Схема измерения давления картере двигателя

1 – receiver; 2 – gas reducer; 3, 5 – pressure gauge; 4, 6 – tap; 7 – pressure sensor; 8 – gas meter; 9 – registration system; 10 – intake manifold

Fig. 1 – Scheme for measuring gas pressure in the engine crankcase

Измерение расхода картерных газов на определенном режиме работы двигателя и регистрация изменения давления в картерном пространстве на этом же режиме работы двигателя производились по методике, в которой система измерения включает определение расхода картерных газов и регистрацию давления газа в картере двигателя. Схема подключения измерительной системы показана на рисунке 1, б.

Процесс проведения исследований выполняется следующим образом (рис. 1, б). Измерительная система расхода газа и давления в картерном пространстве подключается к патрубку отвода газов из картера. Кран 2 переводится в положение «открыт». Включается система регистрации 7 и



переводится в режим готовности. После запуска и прогрева двигателя устанавливается требуемый режим работы двигателя. Производится измерение объема ΔV (л) проходящего газа газовым расходомером 3 за определенный интервал времени Δt (с). Включается режим записи системой 7 регистрации давления в картере датчиком давления 5 и перекрывается кран 2 отвода газов из картера.

Изменение давления в картере регистрируется измерительной системой и контролируется манометром 6 и при достижении избыточного давления 17-20 кПа (130-150 мм рт. ст.) открывается кран 2.

Останавливается запись давления и времени системой измерения 7 и зарегистрированные данные сохраняются в файле. Двигатель переводится на следующий режим работы и т.д. После испытания двигатель останавливается и приводится в исходное состояние.

Исследования включали измерение расхода картерного газа и давления в закрытом картере двигателей Д-240 № 393170 и Д-243 № 213436 в условиях испытательного стенда и двигателя Д-240 № 248100 в составе трактора МТЗ-80 при изменении частоты вращения вала от 800 до 2200 мин⁻¹ на режиме холостого хода.

Измерение объемного расхода газа осуществлялось газовым счетчиком Газдевайс NPM-G4 [8], имеющего предел допускаемой относительной погрешности в диапазоне основного расхода газа при температуре +20° С ± 1,5 % и порог чувствительности счетчика не более 0,2 л/мин. Датчик регистрации давления имеет диапазон измерения избыточного давления от 0 до 25 кПа, рабочий диапазон температуры 0-85° С, погрешность измерений ± 2,5 %, чувствительность 90 мВ/кПа и время отклика 1,0 мс [9].

Результаты исследований

Результаты обработки данных измерений объема картерного пространства для различных расходов воздуха двигателей Д-240 № 393170, № 248100 и Д-243 № 213436 показаны на рисунке 2.

Полученные результаты измерений объема картерного пространства двигателей Д-240 и Д-243 показывают, что измеренный объем меняется от 41,1 литров до 51,8 литров, причем измеренный объем зависит от расхода подаваемого воздуха.

Из представленного графика (рис. 2) видно, что при расходе воздуха меньше 40 л/мин увеличивается разброс полученных значений и среднее значение снижается. Такой характер изменения результатов измерений можно объяснить влиянием утечек воздуха из картера, учет которых сделан примитивным для простоты вычислений и в результате при малых расходах воздуха это допущение приводит к большой погрешности [10, 11].

Для уменьшения погрешности вычислений предлагается в анализе использовать только измерения при расходах подаваемого воздуха более 35 л/мин. В результате получаются средние значения измеренного объема:

- для двигателя Д-240 №248100 $V_k = 48,7$ л,
- для двигателя Д-240 № 393170 $V_k = 49,8$ л,
- для двигателя Д-243 № 213436 $V_k = 50,4$ л.

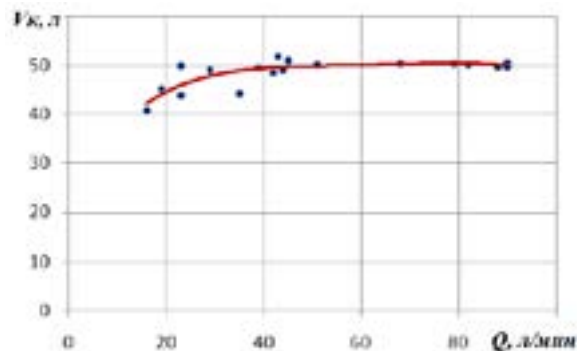


Рис. 2 – Зависимость результатов измерений объема картерного пространства от расхода подаваемого воздуха

Fig. 2 – Dependence of the results of measuring the volume of the crankcase space on the flow rate of the supplied air

Разброс полученных значений измеренного объема картера находится в диапазоне 48,3-51,8 л. Среднее значение объема по результатам всех измерений с расходом подаваемого воздуха более 35 л/мин составляет $V_{кр} = 49,95$ литров. Среднеквадратическое отклонение результатов составляет $S_v = 0,88$ литров [12]. Для уровня значимости $\alpha = 0,05$ доверительный интервал составляет 0,50 л. Таким образом, объем измеряемого картерного пространства для исследованных двигателей с вероятностью 95 % составляет:

$$V_k = 49,95 \pm 0,5 \text{ л} \quad (2)$$

Полученные результаты по измерению объема картерного пространства показывают, что разработанная методика позволяет определять объем картера с вероятностью 95 % и погрешностью ± 1 % [13, 14]. Поэтому в дальнейшем при обработке данных по определению расхода картерных газов измерением давления в закрытом картере будем использовать значение объема картера $V_k = 50$ л.

Полученные данные измерений давления газа в картере при разных частотах вращения вала двигателей Д-240 № 393170, Д-240 №248100 и Д-243 № 213436 при испытании на стенде на режимах холостого хода представлены в таблице. Для каждого двигателя, имеющего разное техническое состояние ЦПГ, приведены данные для исследованной частоты вращения, полученной скорости нарастания давления $\Delta p/\Delta t$ и изменения расхода картерных газов $Q_{кг}$.

Как следует из представленных данных, увеличение частоты вращения вала двигателя Д-243 №213436 в диапазоне частоты вращения вала от 800 мин⁻¹ до 2200 мин⁻¹ приводит к увеличению скорости нарастания давления $\Delta p/\Delta t$ от 0,862 до 1,274 кПа/с или в 1,5 раза.

Для двигателя Д-240 №248100 увеличение частоты вращения вала от 800 мин⁻¹ до 2350 мин⁻¹ приводит к увеличению скорости нарастания давления $\Delta p/\Delta t$ от 1,352 до 2,222 кПа/с или в 1,6 раза.

Аналогично для двигателя Д-240 №393170 увеличение частоты вращения вала от 800 мин⁻¹ до 2200 мин⁻¹ приводит к увеличению скорости нарастания давления $\Delta p/\Delta t$ от 0,727 до 4,943 кПа/с или в 6,8 раза.



Таблица – Результаты обработки данных испытаний двигателей Д-240 и Д-243

Двигатель	Частота вращения вала, мин ⁻¹	Скорость нарастания давления $\Delta p/\Delta t$, кПа/с	Расход картерных газов $Q_{кг}$, л/мин
Д-243 №213436	800	0,861	22
	1000	0,917	23,5
	1200	1,028	25
	1400	0,905	25,5
	1600	1,023	26
	1800	1,071	27
	2000	1,051	28,5
Д-240 №248100	800	1,352	34
	1400	1,45	36
	1800	1,933	48
	2200	2,143	54
	2350	2,222	56
Д-240 №393170	800	0,727	18
	1400	3,102	78
	1800	3,697	92
	2200	4,943	123

Результаты анализа описанных ранее экспериментальных данных исследований показаны на рисунке 3 в виде зависимости расхода картерных газов $Q_{кг}$ от скорости нарастания давления в картере $\Delta p/\Delta t$ после перекрытия отвода картерных газов для данных измерений и расчетов по разработанной методике.

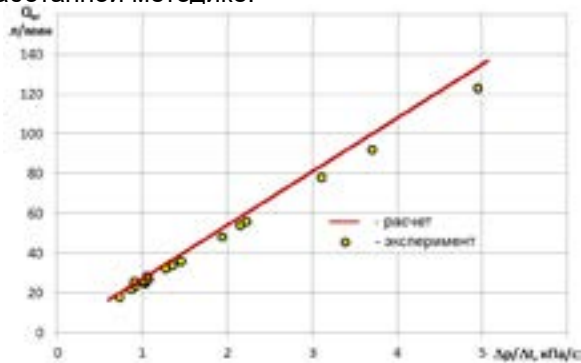


Рис. 3 – Зависимость расхода картерных газов $Q_{кг}$ от скорости нарастания давления в картере $\Delta p/\Delta t$
 Fig. 3 – Dependence of crankcase gas flow $Q_{кг}$ on the rate of pressure increase in the crankcase $\Delta p/\Delta t$

Представленные данные показывают, что разработанная ранее методика расчета расхода картерных газов [15] и изменения давления в картере при перекрытии отвода газа достоверно описывает изменение давления в картере и позволяет прогнозировать расход картерных газов с погрешностью не более 10 %.

Полученная зависимость расхода картерных газов $Q_{кг}$ от скорости нарастания давления в картере $\Delta p/\Delta t$ позволяет по измеренному значению скорости нарастания давления в картере оценить величину расхода картерных газов. Используя эту взаимосвязь и известные нормативные значения расхода для двигателей типа Д-243 с нормаль-

ным износом ЦПГ $Q_n = 28$ л/мин, для двигателя с допустимым износом ЦПГ $Q_d = 68$ л/мин и для двигателя с предельным износом $Q_p = 95$ л/мин [14,16], можно получить соответствующие значения скорости нарастания давления (dp/dt) как диагностического показателя:

- для нормального состояния ЦПГ $(dp/dt)_n = 1,1$ кПа/с;
- для допустимого состояния ЦПГ $(dp/dt)_d = 2,5$ кПа/с;
- для предельного состояния ЦПГ $(dp/dt)_p = 3,5$ кПа/с.

Полученные граничные значения диагностического показателя (dp/dt) и его взаимосвязь с расходом картерного газа позволяют определить зоны различных технических состояний ЦПГ двигателя, как показано на рисунке 4.

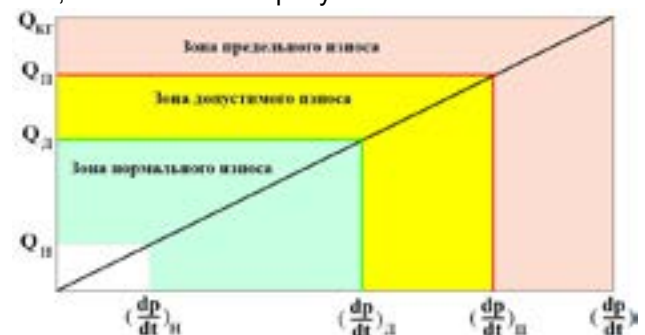


Рис. 4 – Изображение зон различного технического состояния ЦПГ двигателя по расходу картерных газов $Q_{кг}$ или по скорости нарастания давления в картере dp/dt и из взаимосвязь

Fig. 4 – Illustration of zones of different technical conditions of the engine CPG according to the crankcase gas flow rate $Q_{кг}$ or the rate of increase in crankcase pressure dp/dt and their relationship

Представленная на рисунке 4 диаграмма оцен-



ки технического состояния ЦПГ позволяет определить границы для каждой зоны у двигателей Д-240 и Д-243:

- двигатель с нормальным состоянием ЦПГ $(dp/dt) < 2,5$ кПа/с;
- двигатель с допустимым состоянием ЦПГ $2,5 \leq (dp/dt) < 3,5$ кПа/с;
- двигатель с предельным состоянием ЦПГ $(dp/dt) \geq 3,5$ кПа/с.

Заключение

Изложенные результаты экспериментальных исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Измерение замкнутого объема произвольной формы по разработанной методике измерений обеспечивает погрешность не более 2 %, что позволяет использовать ее для измерения объема картерного пространства ДВС.

2. Измеренный объем картерного пространства испытываемых двигателей Д-240 и Д-243 при полном уровне масла в картере составил 50,0 л при доверительном интервале 0,5л для уровня значимости $\alpha = 0,05$. Полученные результаты по измерению объема картерного пространства показывают, что разработанная методика позволяет определять объем картера с вероятностью 95 % и погрешностью ± 1 %.

3. При измерении объема картерного пространства двигателей Д-240 и Д-243 расход подаваемого воздуха должен быть не ниже 40 л/мин, что позволяет проводить измерение объема картерного пространства с погрешностью ± 1 % при доверительной вероятности 95 %.

4. Результаты регистрации давления газа в картерном пространстве после его закрытия показали возможность использования скорости нарастания давления в качестве характеристики расхода картерных газов или диагностического параметра для оценки технического состояния ЦПГ. Для двигателей типа Д-243 граничные значения скорости нарастания давления составляют:

- для нормального состояния ЦПГ $(dp/dt)_н = 1,1$ кПа/с;
- для допустимого состояния ЦПГ $(dp/dt)_д = 2,5$ кПа/с;
- для предельного состояния ЦПГ $(dp/dt)_п = 3,5$ кПа/с.

Результаты экспериментальных исследований показали возможность использования методики расчета расхода картерных газов и изменения давления в картере при перекрытии отвода газа с погрешностью не более 10 % для проведения расчетных исследований дизелей с различным техническим состоянием ЦПГ.

Благодарности

Работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» (соглашение 075-15-2023-220).

Список источников

1. Дидманидзе О.Н., Девянин С.Н., Парлюк Е.П., Марков В.А. Энергообеспечение сельскохозяйственного тракторостроения России // *Агроинженерия*. 2021. № 2 (102). С. 4-8.

2. Девянин С.Н., Марков В.А., Савастенко А.А., Савастенко Э.А. Перспективы развития электромобилей в России // В сборнике: 9-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса. сборник докладов Международной научно-технической конференции. Москва, 2021. С. 114-121.

3. Техническая диагностика тракторов / В.А. Чет, В.В. Егоров, Н.А. Майстренко [и др.]. – Москва: Редакция журнала "Механизация и электрификация сельского хозяйства", 2018. – 100 с.

4. Баширов, Р.М. Диагностирование технического состояния тракторных дизелей: рекомендации [Текст] / Р.М. Баширов, К.В. Костарев, А.В. Неговора, С.З. Инсафуддинов, Э.М. Гайсин, Ф.Р. Сафин, Д.Д. Харисов, Р.Ж. Магафуров, Р.Р. Юльбердин // Уфа: Башкирский ГАУ, 2017. – 27 с.

5. Пат. 2469285 Российская Федерация. Способ диагностирования двигателя внутреннего сгорания с турбокомпрессором. [Текст] / Черноиванов В.И., Филиппова Е.М., Николаев Е.В., Петрищев Н.А., Капусткин А.О., Макаркин И.М.: патентообладатель ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии (RU). №2011130425; заяв. 21.07.2011; опуб. 10.12.2012.

6. Дизель Д-243 и его модификации. Руководство по эксплуатации. 243 – 0000100 РЭ. ... 243 – 0000100 РЭ

7. Гузалов, А.С. Повышение эффективности работы трактора путём совершенствования работы двигателя / А.С. Гузалов, О.Н. Дидманидзе, С.Н. Девянин // *Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона*, Москва, 09–11 июня 2020 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 318-321.

8. Счетчик газа объемный диафрагменный NPM (G1,6; G2,5; G4). Паспорт ГЮНК 407260.004 ПС. – ЗАО «ГАЗДЕВАЙС», 2021. – 6 с.

9. Манометры показывающие ММП-60. Государственный реестр № 4030-74. – 3 с.

10. Дидманидзе О.Н. Способы оценки технического состояния ЦПГ двигателя / О.Н. Дидманидзе, С.Н. Девянин, А.И. Сучков // *Чтения академика В.Н. Болтинского*, Москва, 25–26 января 2022 года. Том Часть 2. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2022. – С. 7-19.

11. Дидманидзе, О.Н. Применение мобильных энергетических средств в сельском хозяйстве / О.Н. Дидманидзе, А.С. Гузалов, И.П. Гусев // *Чтения академика В.Н. Болтинского : Сборник статей*, Москва, 25–26 января 2022 года. Том Часть 1. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Сам Полиграфист", 2022. – С. 89-95.

12. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика: Учебник. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014 — 352 с.

13. Чет В. А. Анализ причин отказов тракторных дизелей / В.А. Чет, В.С. Визир, А.В. Куриленко // *Чтения академика В.Н. Болтинского*, Москва, 25–26 января 2022 года. Том Часть 2. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2022. – С. 273-278.

14. Дидманидзе, О.Н. Перспективы развития



технического уровня отечественных тракторов / О.Н. Дидманидзе, А.С. Гузалов, Н.А. Большаков // Чтения академика В.Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 25–26 января 2022 года. Том Часть 1. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Сам Полиграфист", 2022. – С. 83-88.

15. Сучков А.И. Моделирование контроля технического состояния ЦПГ ДВС в эксплуатации / А.И. Сучков, О.Н. Дидманидзе, С.Н. Девянин // Чтения академика В.Н. Болтинского, Москва, 25–

26 января 2023 года. Том 2. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2023. – С. 10-19.

16. Critical Impacts of Advanced Technology in Certification of Vehicle Repair and Maintenance Facilities in Agrifood Systems / A.S. Guzalov, E.S. Schnaras, E.G. Ivakina [et al.] // Unlocking Digital Transformation of Agricultural Enterprises. Technology Advances, Digital Ecosystems, and Innovative Firm Governance. – Cham : Springer, 2023. – P. 167-175.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Didmanidze O.N., Devyanin S.N., Parlyuk E.P., Markov V.A. E`nergoobespechenie sel`skoxozyajstvennogo traktorostroeniya Rossii // Agrozhenneriya. 2021. № 2 (102). S. 4-8.

2. Devyanin S.N., Markov V.A., Savastenko A.A., Savastenko E`A. Perspektivy` razvitiya e`lektromobilej v Rossii // V sbornike: 9-e Lukaninskie chteniya. Problemy` i perspektivy` razvitiya avtotransportnogo kompleksa. sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-technicheskoy konferencii. Moskva, 2021. S. 114-121.

3. Texnicheskaya diagnostika traktorov / V.A. Chechet, V.V. Egorov, N.A. Majstrenko [i dr.]. – Moskva: Redakciya zhurnala "Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel`skogo xozyajstva", 2018. – 100 s.

4. Bashirov, R.M. Diagnostirovanie texnicheskogo sostoyaniya traktorny`x dizelej: rekomendacii [Tekst] / R.M. Bashirov, K.V. Kostarev, A.V. Negovora, S.Z. Insafuddinov, E`M. Gajsin, F.R. Safin, D.D. Xarisov, R.Zh. Magafurov, R.R. Yul`berdin // Ufa: Bashkirskij GAU, 2017.- 27 s.

5. Pat. 2469285 Rossijskaya Federaciya. Sposob diagnostirovaniya dvigatelya vnutrennego sgoraniya s turbokompressorom. [Tekst] / Chernovanov V.I., Filippova E.M., Nikolaev E.V., Petrishhev N.A., Kapustkin A.O., Makarkin I.M.: patentoobladatel` GNU GOSNITI Rossel`xozakademii (RU). №2011130425; zavav. 21.07.2011; opub. 10.12.2012.

6. Dizel` D–243 i ego modifikacii. Rukovodstvo po e`kspluatcii. 243 – 0000100 RE`. ... 243 – 0000100 RE`

7. Guzalov, A.S. Povy`shenie e`ffektivnosti raboty` traktora putyom sovershenstvovaniya raboty` dvigatelya / A.S. Guzalov, O.N. Didmanidze, S.N. Devyanin // Materialy` mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii molody`x uchyony` xi specialistov, posvyashhyonnoj 160-letiyu V.A. Mixel`sona, Moskva, 09–11 iyunya 2020 goda. Tom Tom 2. – Moskva: Rossijskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet - MSXA im. K.A. Timiryazeva, 2020. – S. 318-321.

8. Schetchik gaza ob`emny`j diafragmenny`j NRM (G1,6; G2,5; G4). Pasport GYuNK 407260.004 PS. – ZAO «GAZDEVAJS», 2021. – 6 s.

9. Manometry` pokazy`vayushhie MMP-60. Gosudarstvenny`j reestr № 4030-74. – 3 s.

10. Didmanidze O.N. Sposoby` ocenki texnicheskogo sostoyaniya CzPG dvigatelya / O.N. Didmanidze, S.N. Devyanin, A.I. Suchkov // Chteniya akademika V.N. Boltinskogo, Moskva, 25–26 yanvarya 2022 goda. Tom Chast` 2. – Moskva: ООО «Сам полиграфист», 2022. – S. 7-19.

11. Didmanidze, O.N. Primenenie mobil`ny`x e`nergeticheskix sredstv v sel`skom xozyajstve / O. N. Didmanidze, A. S. Guzalov, I. P. Gusev // Chteniya akademika V.N. Boltinskogo : Sbornik statej, Moskva, 25–26 yanvarya 2022 goda. Tom Chast` 1. – Moskva: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost`yu "Sam Poligrafist", 2022. – S. 89-95.

12. Ivchenko G.I., Medvedev Yu.I. Matematicheskaya statistika: Uchebnik. — M.: Knizhny`j dom «LIBROKOM», 2014 — 352 s.

13. Chechet V. A. Analiz prichin otkazov traktorny`x dizelej / V.A. Chechet, V.S. Vizir, A.V. Kurilenko // Chteniya akademika V.N. Boltinskogo, Moskva, 25–26 yanvarya 2022 goda. Tom Chast` 2. – Moskva: ООО «Сам полиграфист», 2022. – S. 273-278.

14. Didmanidze, O.N. Perspektivy` razvitiya texnicheskogo urovnya otechestvenny`x traktorov / O.N. Didmanidze, A.S. Guzalov, N.A. Bol`shakov // Chteniya akademika V.N. Boltinskogo : Sbornik statej, Moskva, 25–26 yanvarya 2022 goda. Tom Chast` 1. – Moskva: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost`yu "Sam Poligrafist", 2022. – S. 83-88.

15. Suchkov A.I. Modelirovanie kontrolya texnicheskogo sostoyaniya CzPG DVS v e`kspluatcii / A.I. Suchkov, O.N. Didmanidze, S.N. Devyanin // Chteniya akademika V.N. Boltinskogo, Moskva, 25–26 yanvarya 2023 goda. Tom 2. – Moskva: ООО «Сам полиграфист», 2023. – S. 10-19.

16. Critical Impacts of Advanced Technology in Certification of Vehicle Repair and Maintenance Facilities in Agrifood Systems / A.S. Guzalov, E.S. Schnaras, E.G. Ivakina [et al.] // Unlocking Digital Transformation of Agricultural Enterprises. Technology Advances, Digital Ecosystems, and Innovative Firm Governance. – Cham : Springer, 2023. – P. 167-175.

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

Отари Назирович Дидманидзе, академик РАН, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА» имени К.А. Тимирязева, didmanidze@rgau-msha.ru

Александр Игоревич Сучков, соискатель на ученую степень кандидата технических наук, кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА» имени К.А. Тимирязева, suchkov_ai@yandex.ru

Сергей Николаевич Девянин, профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА» имени К.А. Тимирязева, s.devyanin@rgau-msha.ru

Александр Вячеславович Бугаев, канд. техн. наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА» имени К.А. Тимирязева, ForSteem33@yandex.ru

Артёмбек Сергеевич Гузалов, канд. техн. наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА» имени К.А. Тимирязева, guzalov@rgau-msha.ru

Author Information

Otari N. Didmanidze, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Tractors and Automobiles of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, didmanidze@rgau-msha.ru

Alexander I. Suchkov, applicant for the academic degree of Candidate of Technical Sciences, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, suchkov_ai@yandex.ru

Sergey N. Devyanin, Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Tractors and Automobiles of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, s.devyanin@rgau-msha.ru

Alexander V. Bugaev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Tractors and Automobiles of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ForSteem33@yandex.ru

Artembek S. Guzalov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Tractors and Automobiles of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, guzalov@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 11.10.2023; одобрена после рецензирования 21.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 11.10.2023; approved after reviewing 21.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.347.084.13
DOI 10.36508/RSATU.2023.92.77.016

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МАШИНЫ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ НА СКЛОНАХ

Евгений Юрьевич Евсеев¹ ✉, **Анатолий Иванович Рязанцев**²

¹ Государственный социально-гуманитарный университет, г.о. Коломна, Россия

² Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹ evseev.evgeniy.1995@mail.ru

² ryazantsev.41@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью данной работы является повышение производительности работы многофункциональной машины кругового действия посредством исключения поверхностного стока рабочего раствора в концевой части машины, при ее работе на склонах, с помощью оборудования машины, обоснованными по конструкции, регулирующими расход устройствами и рассекателями стержневого типа.

Методология. В работе приводится методика оценки агроэксплуатационных показателей работы многофункциональной машины кругового действия, оборудованной в концевой части регулирующими расход устройствами (патент на изобретение РФ №2770811), для снижения интенсивности подачи рабочего раствора до 0.3 мм/мин и рассекателями стержневого типа (патент РФ №2770811), для дальнейшего снижения интенсивности до 0.2 мм/мин за счет увеличения площади обработки.

Результаты. В ходе производственных исследований выполнялась проверка показателей работы многофункциональной машины, оборудованной устройствами по регулированию расхода и распыла струи при работе на склоновых площадях. Испытания проводились на обрабатываемой площади в АО «Озеры» Московской области, при обработке моркови.

Заключение. Результаты производственных исследований многофункциональной машины кругового действия при работе на склоновых участках показали, что последовательное снижение интенсивности подачи рабочего раствора регулятором расхода (до 0,3 мм/мин) и рассекателем стержневого типа (до 0,2 мм/мин) обеспечивает показатель опорно-сцепных свойств на уровне 18 %, что позволяет повысить производительность работы машины на 16-18 %, и в конечном счете увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, а также коэффициент эффективного полива с 0,68 до 0,71.

Ключевые слова: суточная производительность, многофункциональная машина, интенсивность подачи, регулирующее устройство, распыл струи, показатель опорно-сцепных свойств, несущая способность; производственные исследования

Для цитирования: Евсеев Е.Ю., Рязанцев А.И. Повышение производительности многофункциональной машины кругового действия на склонах // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2023. Т15, № 4, С 121-127. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.92.77.016>

Original article

IMPROVING THE PERFORMANCE OF A MULTIFUNCTIONAL CIRCULAR ACTION MACHINE ON SLOPES

Evgeny Yu. Evseev¹ ✉, **Anatoly I. Ryazantsev**²,

¹ State Social and Humanitarian University, Kolomna, Russia

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

¹ evseev.evgeniy.1995@mail.ru² ryazantsev.41@mail.ru

Abstract. The purpose of this work is to increase the productivity of a multifunctional circular-acting machine, by eliminating the surface runoff of the working solution, in the end part of the machine, when it is working on slopes, with the help of machine equipment, design-based flow control devices and rod-type dividers.

Methodology. The paper presents a methodology for assessing the agro-operational performance of a multifunctional circular-acting machine equipped, in the end part, with flow control devices (RF patent No. 2770811), to reduce the intensity of the working solution supply to 0.3 mm/min and rod-type dividers (RF patent No. 2770811), to further reduce the intensity to 0.2 mm/min, by increasing the processing area.

Results. As a result of production studies, the performance of a multifunctional machine equipped with devices for regulating the flow and spray of the jet when working on sloping areas was checked. The tests were carried out on the treated area in JSC "Ozery" of the Moscow region, when processing carrots.

Conclusion. The results of production studies of a multifunctional circular-acting machine when working on sloping sections showed that a consistent decrease in the intensity of the working solution supply by a flow regulator (up to 0.3 mm/min) and a rod-type divider (up to 0.2 mm/min) provides an indicator of coupling properties at the level of 18%, which allows to increase the productivity of the machine by 16 - 18%, and ultimately increase the yield of crops, as well as the coefficient of effective irrigation from 0.68 to 0.71.

Key words: daily productivity, multifunctional machine, feed rate, regulating device, spray jet, indicator of traction properties, bearing capacity; production studies

For citation: Evseev E. Yu., Ryazantsev A. I. Improving the performance of a multi-function circular machine on slopes // Herald of Ryazan State Agro-Technological University named after P.A. Kostychev. 2023, 15, № 4, P. 121-127 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.92.77.016>

Введение

Многофункциональная машина кругового действия на базе ДМ «Кубань-ЛК1» (рис.-1), один из самых распространенных типов многофункциональных машин во многих регионах нашей страны. Их объем в общем парке машин превышает 15 %, что говорит об ее надежности и универсальности при обработке сельскохозяйственных культур. Однако, наряду с очевидными преимуществами, имеется ряд проблем, осложняющих эксплуатацию машины на склоновых участках ($i = 0.05$ и более) [4, 7].



1 – дождевальная установка; 2 – тележка;
3 – стоковая поверхность.

Рис. 1 – Многофункциональная машина кругового действия (на базе ДМ «Кубань-ЛК1»).

1 – sprinkler; 2 – trolley; 3 – drain surface.

Fig. 1 – Multifunctional circular machine (based on DM «Kuban-LC1»).

В ходе экспериментальных исследований выявлено значительное снижение суточной произ-

водительности работы вследствие снижения несущей способности обрабатываемой поверхности в районе последней тележки, а также консольной части. Отмеченное происходит из-за снижения показателя опорно-сцепных свойств из-за наличия стока в колее, что приводит к интенсивному буксованию движителей машины. В конечном счете, буксование ходовых систем приводит к изгибу трубопровода и срабатыванию электрической защиты (остановка машины); так, за поливной сезон количество остановок доходит до 5-6 шт. Указанные сложности эксплуатации сказываются на снижении коэффициента использования времени смены ($K_{см}$), который напрямую снижает производительность работы машины [17, 18].

Исследовательская часть

Повышения показателя опорно-сцепных свойств машины можно достигнуть исключением поверхностного стока посредством снижения интенсивности подачи рабочего раствора [3, 6, 16].

При безстоковом внесении раствора при обработке почвенной поверхности, в конце машины (последняя тележка и консоль) возможно снижение интенсивности его внесения, это обеспечивается установкой регулирующих расход устройств мембранного типа (патент на изобретение РФ №2770811) [11, 14, 15]. Указанное техническое решение позволяет снизить среднюю интенсивность внесения раствора (с 0,4 до 0,3 мм/мин), однако это полностью не исключает образования стока за счет наличия склоновой поверхности. Полное исключение стока обеспечивается последовательной установкой, после регулирующих расход устройств, рассекателей стержневого типа, что позволяет снизить среднюю интенсивность внесения раствора (до 0,2 мм/мин) (патент РФ №2770811) (рис. 2, а) [1, 12], посредством увеличения обрабатываемой площади круга (рис. 2, б) [8, 9, 13].



Рис. 2 – Общий вид многофункциональной машины, оборудованной регулирующим узлом разбрызгивателя.

Fig. 2 – General view of a multifunctional machine equipped with a sprinkler control unit.

С целью оценки показателя опорно-сцепных свойств многофункциональной машины «Кубань-ЛК1» марки ДМ-474-65 были проведены производственные исследования на склоне ($i = 0.05$) в АО «Озеры» г.о. Коломна Московской области. При проведении исследований использовалась методика оценки функциональных показателей сельскохозяйственной техники ГОСТ 8224-1-2004. Машины дождевальные подвижные. Часть 1. Эксплуатационные характеристики и методы лабораторных и полевых испытаний) [2, 5, 10].

Во время сезона 2023 г. были выполнены три обработки рабочим раствором, при этом норма внесения раствора составила $\text{м}^3/\text{га}$. Два прохода

были осуществлены усовершенствованной многофункциональной машиной и один – серийной модификации. Получение и дальнейший расчет агроэксплуатационных показателей осуществлялся хронометражем за один проход (оборот) усовершенствованной и серийной модификаций машин. Для расчета агроэксплуатационных показателей использовались исходные данные после обработки и данные систематизации хронометражных карт, а также данные наблюдений работы машины и справочно-нормативные данные. Рассчитанные и обобщенные агроэксплуатационные показатели работы многофункциональной машины на склоновой поверхности представлены в таблице 1.

Таблица –1 Показатели агроэксплуатационной оценки работы многофункциональной машины на склоновой поверхности

Наименование показателей	Показатели работы для модификаций машины	
	усовершенствованная	серийная
1. Условия работы		
• уклон поля:		
• общий	до 0.01	до 0.01
• местный	до 0.05	до 0.05
• температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$	+18	+21
• скорость ветра, м/с	1.4	1.2
• наименование культуры	морковь	морковь
• норма полива	500	500
• твердость почвы, кПа	100 - 120	100 - 120
• влажность почвы после полива, %	18.0 – 25.0	18.5– 25.0
2. Наличие регулирующих устройств	есть	нет
3. Интенсивность внесения, мм/мин (сток, $\text{м}^3/\text{га}$)	0.42 (150)	0.20 (0)
4. Показатель опорно-сцепных свойств, %	18	0
5. Коэффициент эффективного полива	0.71	0.68
6. Календарный график работы	10.05.2023 - 05.08.2023	10.05.2023 - 05.08.2023
7. Время основной работы, ч (хронометражем)	156	156
8. Время эксплуатационной работы, ч (хронометражем)	174	212
9. Коэффициент использования рабочего времени смены, Ксм	0.895	0.735



Продолжение таблицы 1

10. Продолжительность работ, ч:		
• по плану	468	468
• фактический (расчетный)	530	636
• в том числе, с хронометражем	174	212
11. Часовая производительность, га:		
• основной работы	0.50	0.50
• технологического времени	0.49	0.41
• сменного времени	0.45	0.37

За время проведения исследований нарушения технологического процесса внесения раствора не зафиксировано. Представленные технические решения (по данным таблицы 1), при эксплуатации машины на склоновых участках, позволили обеспечить требуемую интенсивность внесения рабочего раствора 0,2 мм/мин, что позволило исключить образование стока в концевой части машины и, в конечном счете, повысить показатель опорно-сцепных свойств до 18 % и несущую способность почвенной поверхности до 0,90 кПа. Повышение указанных показателей работы позволило получить высокие значения технологического и технического коэффициентов, а также увеличить коэффициент использования времени смены до требуемых значений ($K_{CM}=0,895$). При этом суточная производительность соответственно составила 0,50 га для усовершенствованной машины и 0,37 га для серийной модификации.

Отмеченное подтверждается графической многофакторной зависимостью влияния величин несущей способности почвы и количества аварийных остановок на производительность работы многофункциональной машины на склоновом участке (рис.3), описываемой регрессионным выражением (1).

$$w=0,3486-0,0156 \cdot x+0,0006 \cdot y+0,0008 \cdot x^2+0,0002 \cdot x \cdot y+5,6355E-6 \cdot y^2 \quad (1)$$

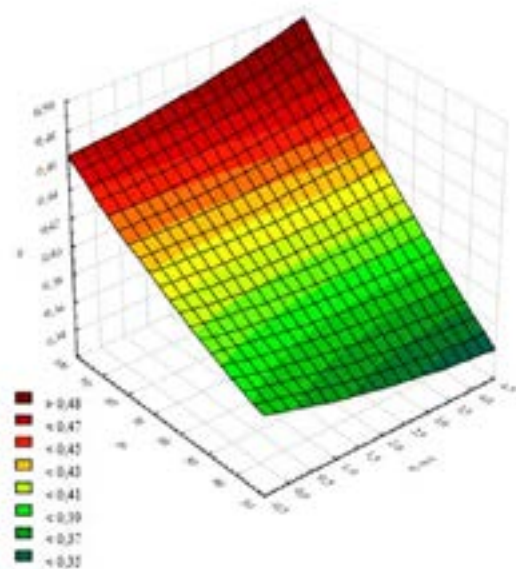


Рис.3 – График зависимости влияния величин несущей способности почвы и количества аварийных остановок на производительность работы многофункциональной машины на склоновом участке.

Fig. 3 – Graph of the influence of the values of the bearing capacity of the soil and the number of emergency stops on the performance of the multifunctional machine on the slope.

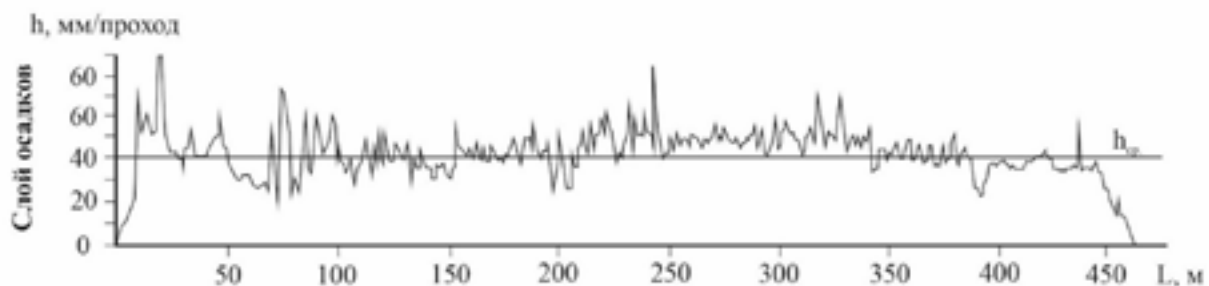
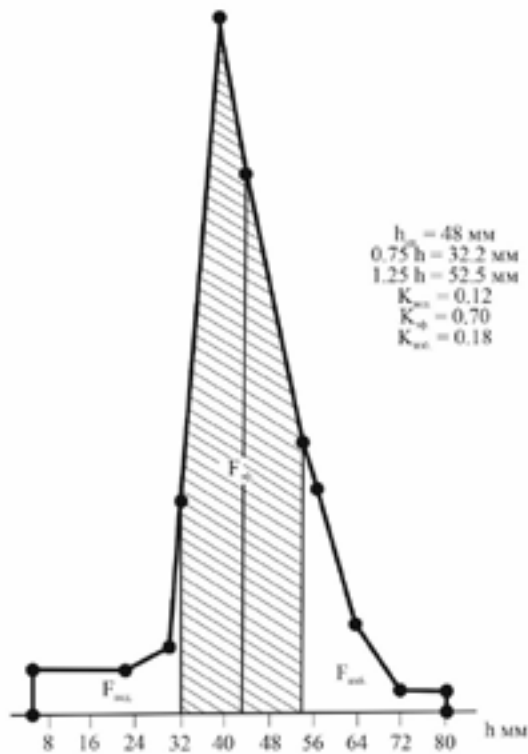
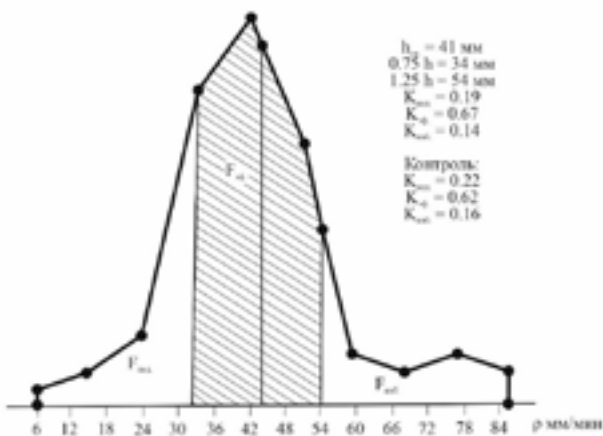


Рис. 4 – Равномерность распределения слоя осадков по длине многофункциональной машины (на участке 0 – 350 м – без регуляторов расхода; на участке 350 – 450 м – с регуляторами расхода).
Fig. 4 – Uniformity of the distribution of the precipitation layer along the length of the multifunctional machine (on a plot of 0 – 350 m – without flow regulators; on a plot of 350 – 450 m – with flow regulators).



а



б

а – без регулирующих устройств; б – с регулирующими устройствами

Рис. 5 – Частотный график равномерности распределения слоя рабочего раствора по длине multifunctionальной машины.

а – without regulating devices; б – with regulating devices

Fig. 5 – Frequency graph of the uniformity of the distribution of the working solution layer along the length of the multifunctional machine.

Кроме того, установка регулирующих устройств водоподдачи позволяет увеличить распределение рабочего раствора по площади обработки, увеличить коэффициент эффективного полива до 0,71 или на 4 - 6 % (рисунки 4, 5).

Заключение

В ходе проведения экспериментальных исследований установлено, что повышение, за счет

регулирующих устройств, показателя опорно-цепных свойств, в концевой части multifunctionальной машины до 18 %, позволяет повысить производительность работы машины на 16 – 18 %, и увеличить коэффициент эффективного полива с 0,68 до 0,71 или на 4 %. Это в конечном счете, позволяет повысить урожайность возделываемой культуры (моркови) на 18 – 20 %.

Список литературы

1. Абдразаков Ф. К., Чуркина К. И. / Оценка агротехнических и гидравлических характеристик распыла при работе различных типов щелевых распылителей // Аграрный научный журнал, №4, 2022, с. 70-75. URL: <https://agrojr.ru/index.php/asj/article/view/2002/1471>

2. ГОСТ 8224-1-2004. Машины дождевальные подвижные. Часть 1. Эксплуатационные характеристики и методы лабораторных и полевых испытаний. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200044530>

3. Евсеев Е.Ю., Рязанцев А.И., Рембалович Г.К., Антипов А.О., Мурог И.А. Технические решения по повышению производительности multifunctionальной машины кругового действия на склоновых участках // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т 15, № 2, С. 119-124 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.72.87.016> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54188403>

4. Журавлева Л.А., Магомедов М.С., Алдиаб А., Бассел Х. Теоретическое обоснование применения водопроводящего трубопровода широкозахватной дождевальной машины из композиционного материала. Естественные и технические науки. – 2022. – №6. – С. 363-371. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49264728>

5. Журавлева Л.А., Попков И.А., Алдиаб А., Хеирбеик Бассел. Исследования характеристик потока в напорных трубопроводах оросительных систем с дискретным отбором жидкости. Природообустройство. №5. 2022. С. 100-104. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50014950>

6. Зейлигер А.М., Затинацкий С.В., Ермолаева О.С., Колганов Д.А. / Анализ пространственного варьирования влажности почвенного покрова вдоль фронта дождевальной машины // Природообустройство. 2023. № 3. С. 15-22. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54597016>

7. Костоварова И. А., Шленов С. Л., Замаховский М. П. / Повышение эффективности орошения при multifunctionальном использовании техники полива // Достижения науки и техники, №3, 2019, с. 58-61. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37174697>

8. Кравчук А. В., Русинов Д. А. / Теоретическое обоснование конструктивных параметров вращающегося дефлекторного конуса дождевальной насадки, обеспечивающей повышение ветроустойчивости дождя // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 5. – С. 146–150. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53817022>

9. Машина дождевальная электрифицированная круговая «Кубань-ЛК1» / Технические условия ТУ 4734-350-00008064-2005 // ФГНУ ВНИИ «Раду-



га» - Коломна, 2005.

10. Организация участка орошения для эффективной эксплуатации дождевальной машины «Каскад 65Т» / Соловьев Д.А., Горюнов Д.Г., Гrepечук Ю.Н., Загоруйко М.Г., Кузнецов Р.Е. // Природобустройство. 2023. № 1. С. 28-32. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=52474535>

11. Патент на изобретение №2770811, Многоопорная дождевальная машина кругового действия / Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Антипов А.О., Бышов Н.В., Костенко М.Ю., Рембалович Г.К., Безносук Р.В. – 2020144291, заявлено 29.12.2020, опублик. 22.04.2022. – 7 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48380585>

12. Патент на полезную модель №2769732, Способ установки стержневого расщепителя на дождевальном аппарате / Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Турапин С.С. Антипов А.О. - 2020142352, заявлено 21.12.2020, опублик. 05.04.2022. – 5 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48378459>

13. Русинов Д. А., Кравчук А. В., Колганов Д. А. / Теоретические аспекты создания дождевальной насадки с вращающимся дефлектором // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 4. – С. 142–147. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50768322>

14. Рязанцев А. И., Костенко М. Ю., Антипов А. О., Евсеев Е. Ю., Антипов О. В. / Обоснование параметров по совершенствованию регулятора расхода дождевальных аппаратов машины «Кубань-ЛК1» // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им П.А. Костычева, №40, 2020. с. 107-113. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44845900>

15. Рязанцев А.И., Турапин С.С., Евсеев Е.Ю., Антипов А.О. Обоснование регулирования расхода дождевальных аппаратов широкозахватных машин кругового действия // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. №3. С.6-10. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48644180>

16. Рязанцев, А.И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях [Текст] / А.И. Рязанцев. – Рязань: Рязаньагроинформ, 1991. – 131 с.

17. Соловьев Д.А., Горюнов Д.Г., Гrepечук Ю.Н., Загоруйко М.Г., Кузнецов Р.Е. Параметры закрытой оросительной сети и конструкция узла подключения дождевальной машины «Каскад 65Т» // Природобустройство. 2023. № 2. С. 66-71. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53958687>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Abdrazakov F. K., Churkina K. I. / Evaluation of agrotechnical and hydraulic characteristics of the spray during operation of various types of slot sprayers // Agrarian Scientific Journal, No. 4, 2022, pp. 70-75. URL: <https://agrojr.ru/index.php/asj/article/view/2002/1471>

2. GOST 8224-1-2004. Sprinklers are mobile. Part 1. Operational characteristics and methods of laboratory and field tests. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200044530>

3. Evseev E.Yu., Ryazantsev A.I., Rembalovich G.K., Antipov A.O., Murog I.A. Technical solutions for increasing the productivity of a multifunctional circular machine on slope areas // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. T 15, No. 2, pp. 119-124 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.72.87.016> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54188403>

4. Zhuravleva L.A., Magomedov M.S., Aldiab A., Bassel H. Theoretical substantiation of the use of a water supply pipeline of a wide-span sprinkler machine made of composite material. Natural and technical sciences. – 2022. –No.6.–PP. 363-371. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49264728>

5. Zhuravleva L.A., Popkov I.A., Aldiab A., Heirbeik Bassel. Studies of flow characteristics in pressure pipelines of irrigation systems with discrete liquid extraction. Environmental management. No.5. 2022. pp. 100-104. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50014950>

6. Zeiliger A.M., Zatinatsky S.V., Ermolaeva O.S., Kolganov D.A. / Analysis of spatial variation of soil moisture along the front of the sprinkler machine // Nature management. 2023. No. 3. pp. 15-22. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54597016>

7. Kostovarova I. A., Shlenov S. L., Zamakhovsky M. P. / Improving irrigation efficiency with multifunctional use of irrigation technology // Achievements of Science and Technology, No.3, 2019, pp. 58-61. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37174697>

8. Kravchuk A.V., Rusinov D. A. / Theoretical substantiation of the design parameters of the rotating deflector cone of the sprinkler nozzle, providing increased wind resistance of rain // Agrarian Scientific Journal. – 2023. – No. 5. – pp. 146-150. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53817022>

9. Sprinkler machine electrified circular "Kuban-LC1" / Technical specifications TU 4734-350-00008064-2005 // FGNU Research Institute "Rainbow" - Kolomna, 2005.

10. Organization of the irrigation site for the effective operation of the Cascade 65T sprinkler machine / Soloviev D.A., Goryunov D.G., Grepchuk Yu.N., Zagoruiko M.G., Kuznetsov R.E. // Nature management. 2023. No. 1. pp. 28-32. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=52474535>

11. Patent for invention No. 2770811, Multi-support sprinkler machine of circular action / Ryazantsev A.I., Evseev E.Yu., Antipov A.O., Byshov N.V., Kostenko M.Yu., Rembalovich G.K., Beznosyuk R.V. - 2020144291, declared on 12/29/2020, publ. 22.04.2022. – 7 p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48380585>

12. Patent for utility model No. 2769732, Method of installing a rod divider on a sprinkler / Ryazantsev A.I.,



Evseev E. Yu., Turapin S.S. Antipov A.O. - 2020142352, declared on 12/21/2020, publ. 05.04.2022. – 5 p.
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48378459>

13. Rusinov D. A., Kravchuk A.V., Kolganov D. A. / Theoretical aspects of creating a sprinkler nozzle with a rotating deflector // Agrarian Scientific Journal. – 2023. – No. 4. – pp. 142-147. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50768322>

14. Ryazantsev A. I., Kostenko M. Yu., Antipov A. O., Evseev E. Yu., Antipov O. V. / Justification of parameters for improving the flow regulator of sprinklers of the Kuban-LK1 machine // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, No. 40, 2020. pp. 107-113. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44845900>

15. Ryazantsev A.I., Turapin S.S., Evseev E. Yu., Antipov A.O. Substantiation of the regulation of the flow of sprinklers of wide-reach circular machines // Land reclamation and water management. 2022. No.3. pp.6-10. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48644180>

16. Ryazantsev, A.I. Mechanization of irrigation with wide-reach circular sprinkler machines in difficult conditions [Text] / A.I. Ryazantsev. – Ryazan: Ryazanagroinform, 1991. – 131 p.

17. Soloviev D.A., Goryunov D.G., Grepechuk Yu.N., Zagoruiko M.G., Kuznetsov R.E. Parameters of the closed irrigation network and the design of the connection node of the sprinkler machine "Cascade 65T" // Nature management. 2023. No. 2. pp. 66-71. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53958687>

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Евсеев Евгений Юрьевич, старший преподаватель кафедры технических систем, теории и методологии образовательных процессов, ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет», г.о. Коломна, Россия, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Рязанцев Анатолий Иванович, д-р тех. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия, ryazantsev.41@mail.ru

Author information

Yevseyev Evgeny Yu., Senior Lecturer of the Department of Technical Systems, Theory and Methodology of Educational Processes, State Social and Humanitarian University, Kolomna, Russia, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Ryazantsev Anatoly I., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, ryazantsev.41@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 16.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 16.11.2023 accepted for publication 12.12.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 629.3.083.4
DOI: 10.36508/RSATU.2023.54.39.018

**ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО РАСХОДА ГСМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА**

Антон Валерьевич Игнатов^{1✉}, **Евгений Евгеньевич Демин**², **Василий Васильевич Чекмарев**³, **Александр Вячеславович Марусин**⁴

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

⁴ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия

¹ samohod1990@yandex.ru

² psmiapk@mail.ru

³ chekmarev.v@yandex.ru

⁴ 89271333424@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящей работы является исследование причин повышенного расхода топлива и автомобильных эксплуатационных материалов в процессе эксплуатации транспортно-технологических машин, задействованных в сельском хозяйстве. Это позволит систематизировать комплекс мероприятий по устранению выявленных негативных факторов, что, в свою очередь, будет способствовать повышению производительности сельскохозяйственных транспортно-технологических машин за счет экономии горюче-смазочных материалов и недопущения снижения ресурса двигателя.

Методология. В качестве основного показателя рассмотрен удельный расход топлива. В качестве примера приведен результат исследования зависимости удельного расхода топлива от частоты вращения коленвала двигателя СМД-62. Определены общие причины, которые вызывают повышенный расход топлива.

Результаты. Определены частные проблемы, которые приводят к повышенному расходу топлива и автомобильных эксплуатационных материалов. Отражено влияние технического состояния транспортно-технологических машин, качественного процесса проведения технического обслуживания и ремонта на расход топлива. Выявлены наиболее важные с точки зрения экономичности расхода топлива показатели работы ДВС. Представлено влияние температуры охлаждающей жидкости на расход топлива. Рассмотрена зависимость изменения удельного расхода топлива от развиваемой мощности двигателя. Сделан акцент на необходимости рационального процесса агрегатирования эксплуатируемой техники.

Заключение. В итоге определены основные направления, которые позволят снизить перерасход топлива и автомобильных эксплуатационных материалов примерно на 25 процентов. Для этого необходимо наладить оптимальное планирование эксплуатации сельскохозяйственной техники и строгий контроль за выполнением установленного плана, неукоснительно соблюдать установленные заводом-изготовителем нормативы по проведению ТОиР не только с позиции периодичности, но и с позиции качественного проведения технологических операций с использованием качественных запчастей, соблюдать правила длительного хранения техники.

Ключевые слова: ДВС, режим работы двигателя, удельный расход топлива, мощность, ГСМ, транспортно-технологические машины, техническое обслуживание и ремонт

Для цитирования: Игнатов А. В., Демин Е. Е., Чекмарев В. В., Марусин А. В. Оценка фактического расхода ГСМ при эксплуатации машинно-тракторного парка // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №4. С. 128-133 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.54.39.018>

Original article

**ESTIMATION OF ACTUAL FUEL AND LUBRICANT CONSUMPTION DURING OPERATION
OF THE MACHINE AND TRACTOR FLEET**

Anton V. Ignatov^{1✉}, **Evgeny E. Demin**², **Vasily V. Chekmarev**³, **Alexander V. Marusin**⁴

© Игнатов А. В., Демин Е. Е., Чекмарев В. В., Марусин А. В., 2023 г.



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

⁴ Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

¹ camoxod1990@yandex.ru

² psminapk@mail.ru

³ chekmarev.v@yandex.ru

⁴ 89271333424@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of this study is to investigate the causes of increased consumption of fuel and automotive operating materials in the process of operation of transport and technological machines involved in agriculture. This will allow to systematize a set of measures to eliminate the identified negative factors, which, in turn, will contribute to increasing the productivity of agricultural transport and technological machines by saving fuel and lubricants and preventing the reduction of engine life.

Methodology. Specific fuel consumption is considered as the main indicator. As an example the result of research of dependence of specific fuel consumption on crankshaft speed of SMD-62 engine is given. The general reasons that cause increased fuel consumption are determined.

Results. Private problems that lead to increased consumption of fuel and automobile operating materials are determined. The influence of technical condition of transport-technological machines, quality process of maintenance and repair on fuel consumption is reflected. The most important indicators of internal combustion engine operation are revealed from the point of view of fuel economy. The influence of coolant temperature on fuel consumption is presented. The change of specific fuel consumption from the developed engine power is considered. Emphasis is made on the necessity of rational process of aggregation of operated machinery.

Conclusion. As a result, the main directions have been determined, which will reduce the overconsumption of fuel and automobile operating materials by about 25 percent. For this purpose, it is necessary to establish optimal planning of agricultural machinery operation and strict control over fulfillment of the established plan, to strictly observe the norms of maintenance and repair established by the manufacturer not only from the position of periodicity, but also from the position of qualitative carrying out of technological operations with the use of qualitative spare parts, to observe the rules of long-term storage of machinery.

Key words: internal combustion engine, engine operation mode, specific fuel consumption, power, fuel and lubricants, transport and technological machines, maintenance and repair

For citation: Ignatov A.V., Demin E.E., Chekmarev V.V., Marusin A.V. Estimation of actual fuel and lubricant consumption during operation of the machine and tractor fleet // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. T.15, №4. P. 128-133 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.54.39.018>

Введение

В сельском хозяйстве широко используется техника, оснащенная двигателями внутреннего сгорания (ДВС), к которой относятся не только самоходные машины, но и автомобильный транспорт. С увеличением числа транспортно-технологических машин, задействованных в агропромышленном комплексе, соответственно, увеличивается расход топлива и эксплуатационных материалов. В последнее время стоимость топлива, масел и прочих жидкостей резко увеличилась, поэтому вопрос экономии их расхода актуален.

Перерасход топлива и эксплуатационных материалов происходит не только в процессе непосредственной эксплуатации транспортно-технологических машин, но также и на стадии их транспортировки и хранения. Неоптимальный их расход возникает по причине выбора несоответствующих режимов эксплуатации сельскохозяйственной техники, длительной работы двигателя внутреннего сгорания в режиме холостого хода, длительных непроизводственных простоях, а также нарушений порядка проведения технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Причем нарушение ТОиР заключается не только в нарушении сроков их проведения, но и в нарушении

качественных характеристик, заключающихся в сознательных или случайных ошибках при проведении технологического процесса ТОиР, а также в использовании некачественных запасных частей.

Отсутствие стимулов у трактористов-машинистов в экономичном расходе топлива и эксплуатационных материалов, недостаточный контроль за этим расходом со стороны владельца техники, слабая теоретическая и практическая подготовка работников сельскохозяйственных предприятий в организационных способах оптимизации расхода горюче-смазочных материалов (ГСМ) и т.д. оказывают существенное влияние на возникновение дополнительных затрат.

Следовательно, возникает необходимость систематизации различных методов в рамках технологического процесса при эксплуатации сельскохозяйственных транспортно-технологических машин, которые позволят снизить расход ГСМ.

Вопросам режимов работы ДВС и экономичности расхода топлива и автомобильных эксплуатационных материалов посвящены работы [1-10].

Материалы и методы исследования

Годовые потери ГСМ, которые приходятся на сельскохозяйственные транспортно-технологические машины, составляют 12-23 % от общего объ-



ема, реализуемого агропромышленным комплексом. Происходит это по причине некачественного топлива с повышенным содержанием в нем серы, техническим несовершенством или изношенностью сельскохозяйственной техники. ДВС при работе на некачественном топливе увеличивает расход потребляемого топлива, что также приводит к повышенному износу самого двигателя по причине разрегулировки его составных механизмов. Следовательно, использование качественного топлива позволит не только снизить его расход, но и повысить долговечность работы ДВС.

Процесс экономической эксплуатации сельскохозяйственной техники также находится на недостаточном уровне по причине слабой подготовки механизаторов. По статистике потери масла из гидросистем транспортно-технологических машин из расчета на календарный год достигают порядка 250-300 тысяч тонн, что в расчете на один трактор составляет примерно 500 кг.

Потери топлива при эксплуатации сельскохозяйственной техники достигают следующих значений [11]:

- 1) из-за снижения мощности ДВС по причине его износа – до 6 %;
- 2) из-за неоптимального планирования режимов эксплуатации – до 10 %;
- 3) во время заправки – до 5 %;
- 4) во время хранения – до 5 %.

Закономерный факт, что с течением времени при эксплуатации механических транспортно-технологических машин их транспортно-энергетические показатели снижаются вследствие износа. Происходит повышение удельного расхода топлива, значение которого достигает порядка 1 процента на 100 моточасов.

Удельный расход топлива определяется, как:

$$g_t = \frac{G_t}{N_i} \cdot 10^3; \quad (1)$$

где G_t – часовой расход топлива, кг/ч;

N_i – эффективная мощность, кВт.

Зависимость удельного расхода топлива от частоты вращения коленвала на примере двигателя СМД-62 отражена на рисунке 1[12].

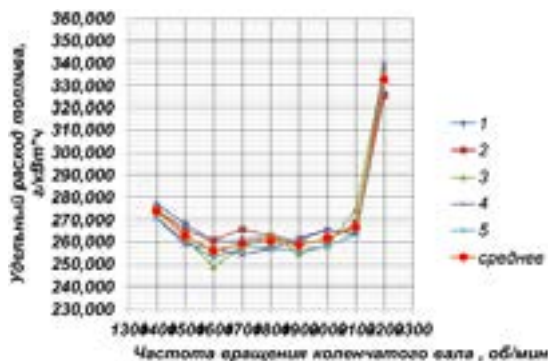


Рис. 1 – Зависимость удельного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала двигателя СМД-62 трактора Т-150К.

Fig. 1 – Dependence of specific fuel consumption on crankshaft speed of SMD-62 engine of tractor T-150K.

Результаты исследований и их обсуждение

В свою очередь, такой показатель, как эффективная мощность, снижается на 0,5 процентов. В России до сих пор эксплуатируется значительное количество старой и относительно старой техники. По проведенным расчетам эксплуатационных характеристик тракторов марки ВТ-100 и МТЗ-80[11] их удельный расход топлива увеличивается к пятому году эксплуатации в 1,25 раза, а к 10 году в 1,4 раза. Поэтому необходимо неукоснительно соблюдать нормативы по проведению ТОиР с использованием качественных запасных частей. Кроме того, каждые 500 моточасов следует проводить замеры на предмет текущего расхода топлива, сравнивая его с нормативными значениями.

Сельскохозяйственную технику можно эксплуатировать при условии соответствия фактического значения расхода топлива номинальным или допустимым значениям. В случае превышения допустимого значения (но при условии не достижения предельного) необходима регулировка механизмов топливной аппаратуры. В случае превышения предельных значений необходима полная проверка работы системы питания с последующим устранением выявленных неисправностей.

Наиболее экономный расход топлива достигается при условии, что весь поступивший в цилиндры ДВС объем полностью сгорел. Наиболее важными с точки зрения экономической расхода топлива показателями работы ДВС являются (для дизельных двигателей):

- 1) угол опережения подачи топлива в цилиндры ДВС;
- 2) степень неравномерности подачи топлива насосными элементами;
- 3) давление впрыска и т.д.

Отклонение угла подачи топлива от нормативных значений приводит к повышению расхода топлива до 7 процентов, неисправная форсунка – до 16 процентов, несвоевременная очистка топливных фильтров – до 11 процентов.

Задача системы охлаждения – поддерживать нормативную температуру работы ДВС. Несоответствие температурного режима ускоряет износ двигателя и увеличивает потери не только топлива, но и моторного масла. Наличие в системе охлаждения накипи (1,1 мм) увеличивает расход моторного масла на четверть. Низкая температура охлаждающей жидкости также влияет на увеличение расхода топлива (табл.1).

Таблица 1 – Влияние температуры охлаждающей жидкости на расход топлива

Температура охлаждающей жидкости, °С	Увеличение расхода топлива, %
60-70	8-10
30-40	30-40

Загрязнение воздухоочистителя сокращает качество и количество направляемого в ДВС воздуха, что также негативно влияет на расход топлива. Нарушения в регулировке сцепления и тормозной системы увеличивают расход топлива в 1,1-1,2



раза, пониженное давление в шинах – в 1,1 раза, перенапряжение гусеничной цепи – в 1,05 раза.

Важным фактором, влияющим на увеличение ресурса техники и снижение расхода эксплуатационных жидкостей, является чистота. Загрязненные масла в несколько раз увеличивают процесс износа рабочих поверхностей сопрягаемых деталей, что приводит к быстрому выходу агрегата из строя.

Немаловажным является и использование оптимального режима работы двигателя. Для дизельного ДВС оптимальным является его загрузка по мощности на 85-95 процентов.

Степень использования мощности рассчитывается как [13]:

$$\eta_{\text{ИМ}} = \frac{N_{\text{кр}}}{N_{\text{кр, макс}}} = \frac{R V_p}{P_{\text{кр, макс}} V_T} = \eta_{\text{И}} \alpha; \quad (2)$$

где $N_{\text{кр}}$ – используемая мощность на крюке, Вт;
 $N_{\text{кр, макс}}$ – максимальная тяговая мощность, Вт;

R – максимальное тяговое усилие трактора на выбранной передаче, Н;
 R – тяговое сопротивление машинно-тракторных агрегатов, Н

V_p – рабочая скорость движения МТА, м/с;
 V_T – расчетная скорость движения трактора на выбранной передаче, м/с;

$\eta_{\text{И}}$ – степень использования тягового усилия трактора;
 α – коэффициент снижения скорости.

Изменение удельного расхода топлива от развиваемой мощности двигателя показано на рисунке 2 [14].

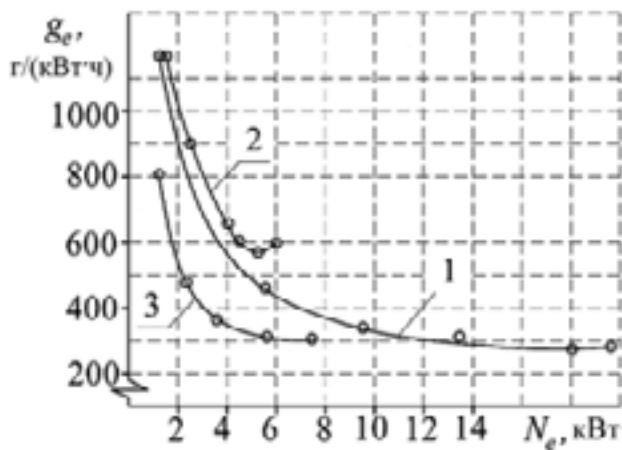


Рис. 2 – Изменение удельного расхода топлива g_e от развиваемой мощности двигателя N_e :

1 – без отключения цилиндров; 2 – отключён один цилиндр; 3 – у отключённого цилиндра снята головка и снижена производительность вентилятора.

Fig. 2 – Variation of specific fuel consumption g_e as a function of engine power N_e : 1 - without cylinder deactivation; 2 - one cylinder is deactivated; 3 - the head of the deactivated cylinder is removed and fan performance is reduced.

Зачастую режим работы двигателя определяется по частоте вращения коленвала или орга-

нолептическими методами (на слух или по дымности). Однако подобные исходные данные не являются точными и не позволяют объективно выявить оптимальный режим. В данном случае следует использовать всеполюсное устройство загрузки ДВС.

Мощностные характеристики ДВС при эксплуатации транспортно-технологических машин также зависят от объема подаваемого в двигатель топлива. Недостаточный объем топлива, подающийся в цилиндры, происходит из-за неисправности в топливном насосе, что может быть вызвано загрязнением фильтра, разрегулировкой самого насоса, износом распылителей. Неполное сгорание поступившего в цилиндры топлива происходит по причине неудовлетворительной работы форсунок, разрегулировки момента начала впрыска, неравномерной подачи топлива по цилиндрам ДВС, износа систем топливной аппаратуры.

В отношении сельскохозяйственной техники немаловажным с точки зрения расхода топлива является рациональный процесс агрегатирования эксплуатируемой техники, что выражается в максимально возможном снижении сопротивления рабочих органов при проведении технологических операций (например, при вспахивании земли). К примеру, эксплуатации плуга с затупившимися лемехами увеличивает сопротивление, следовательно, и расход топлива на величину, которая может достигать 1,1-1,15 раза. Затупившиеся лапы культиватора повышают расход в 1,15-1,2 раза.

Заключение

Исходя из проведенного анализа, для сокращения потерь топлива и эксплуатационных материалов при эксплуатации сельскохозяйственных транспортно-технологических машин необходимо:

1) реализовать оптимальное планирование эксплуатации сельскохозяйственной техники и строгий контроль за выполнением установленного графика, что позволит использовать оптимальный с точки зрения расхода топлива режим работы ДВС, сократить холостые пробеги и т.д.

2) корректировать установленные заводом-изготовителем нормативы по проведению ТОиР с учетом режимов работы, степени загрузки и условий эксплуатации машинно-тракторного парка как с позиции периодичности, так и с позиции повышения качества проведения технологических операций с использованием качественных запчастей.

3) соблюдать правила длительного хранения техники, что не позволит сократить ресурс ее использования.

Реализация подобных мероприятий позволит существенно сократить потери ГСМ по рассмотренным выше причинам.

Список источников

1. Kellogg E., Smith J. Heavy-Duty PHEV and Tractor: Controlled Testing and Field Results. World Electr. Veh. J. 2012; 5: 246-253.

2. Shukhanov S.N., Stepanov N.V., Khabardina A.V. Improvement of technical facility for oil filling of autotractor engines. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2021; 89(3): 140-143.

3. Shepelev A.B., Priporov E.V., Shirin D.V.



Improving the towing-traction properties of a wheeled tractor as part of a tractor-transport unit. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; 81(1): 85-89.

4. Gots A.N., Guskov V.F., Fomin V.M. Estimation of the fuel efficiency of auto-tractor diesel engines operating with the disconnection of some of the cylinders. *Tractors and agricultural machinery*. 2020; 3: 19-27.

5. Карнаухова, И. В. Влияние коэффициента избытка воздуха на расход топлива дизельными ДВС / И. В. Карнаухова, В. Н. Карнаухов, Д. А. Захаров [и др.] // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2016. – № 5(53). – С. 38-42.

6. Раков, В. А. Определение необходимой мощности двигателя комбинированной энергетической установки трактора / В. А. Раков, В. И. Литвинов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 56. – С. 145-151.

7. Горожанкин, С. А. Влияние передаточного числа главной передачи на топливную экономичность автомобиля в ездовом цикле / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков, В. В. Понякин // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2018. – Т. 15, № 1(59).

8. Карнаухов, В. Н. Топливная экономичность двигателей внутреннего сгорания / В. Н. Карнаухов, И. В. Карнаухова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 6(89). – С. 142-147.

9. Гумеров И. Ф., Валеов Д. Х. и др. Развитие конструкции и технологии производства нового поколения дизельных двигателей КАМАЗ Р6 // Двигателестроение. — 2020. — № 1 (279). — С. 30—39.

10. Соболенко, А. Н. Улучшение характеристик рабочего цикла шеститактного дизеля посредством оптимизации угла закрытия впускного клапана до нижней мертвой точки на такте впуска / А. Н. Соболенко, Д. К. Глазюк, Ю. А. Корнейчук // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2019. – № 2(39). – С. 76-81.

11. Квашин, В. П. Способы экономии топлива в агропромышленном комплексе / В. П. Квашин, А. Г. Щербакова, С. В. Захаров // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2(30). – С. 109-115.

12. Арженовский, А. Г. Совершенствование методики и средств определения энергетических и топливно-экономических показателей двигателей тракторов : / А. Г. Арженовский, С. В. Асатурян. – *Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет"* в г. Зернограде, 2013. – 120 с.

13. Константинов, М. М. Влияние тяговых и эксплуатационных показателей работы машинно-тракторных агрегатов на их производительность и экономичность / М. М. Константинов, С. В. Попов, А. И. Бежин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2004. – № 2(2). – С. 39-40.

14. Гайсин, Э. М. Способы повышения эффективности работы тракторных дизельных двигателей / Э. М. Гайсин, Ф. Р. Сафин, А. С. Рожков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1(93). – С. 89-93.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Kellogg E., Smith J. *Heavy-Duty PHEV and Tractor: Controlled Testing and Field Results*. *World Electr. Veh. J.* 2012; 5: 246-253.

2. Shukhanov S.N., Stepanov N.V., Khabardina A.V. *Improvement of technical facility for oil filling of autotractor engines*. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; 89(3): 140-143.

3. Shepelev A.B., Priporov E.V., Shirin D.V. *Improving the towing-traction properties of a wheeled tractor as part of a tractor-transport unit*. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; 81(1): 85-89.

4. Gots A.N., Guskov V.F., Fomin V.M. *Estimation of the fuel efficiency of auto-tractor diesel engines operating with the disconnection of some of the cylinders*. *Tractors and agricultural machinery*. 2020; 3: 19-27.

5. Karnauhova, I. V. *Vliyaniye koeffitsienta izbytkya vozduha na raskhod topliva dizel'nyimi DVS / I. V. Karnauhova, V. N. Karnauhov, D. A. Zaharov [i dr.] // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2016. – № 5(53). – S. 38-42.*

6. Rakov, V. A. *Opredeleniye neobhodimoy moshchnosti dvigatelya kombinirovannoy energeticheskoy ustanovki traktora / V. A. Rakov, V. I. Litvinov // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 56. – S. 145-151.*

7. Gorozhankin, S. A. *Vliyaniye peredatochnogo chisla glavnoy peredachi na toplivnyuyu ekonomichnost' avtomobilya v ezdovom cikle / S. A. Gorozhankin, N. V. Savenkov, V. V. Ponyakin // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. – 2018. – T. 15, № 1(59).*

8. Karnauhov, V. N. *Toplivnaya ekonomichnost' dvigatelej vnutrennego sgoraniya / V. N. Karnauhov, I. V. Karnauhova // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2014. – № 6(89). – S. 142-147.*

9. Gumerov I. F., Valeev D. H. *i dr. Razvitiye konstrukcii i tekhnologii proizvodstva novogo pokoleniya dizel'nyh dvigatelej KAMAZ R6 // Dvigatellestroenie. — 2020. — № 1 (279). — S. 30—39.*

10. Sobolenko, A. N. *Uluchsheniye harakteristik rabocheho cikla shestitaktnogo dizelya posredstvom optimizatsii ugla zakrytiya vpusknogo klapana do nizhney mertvoy tochki na takte vpuska / A. N. Sobolenko, D. K. Glazyuk, YU. A. Korneychuk // Vestnik Inzhenernoy shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. – 2019. – № 2(39). – S. 76-81.*



11. Kvashin, V. P. Sposoby ekonomii topliva v agropromyshlennom komplekse / V. P. Kvashin, A. G. SHCHerbakova, S. V. Zaharov // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 2(30). – S. 109-115.

12. Arzhenovskij, A. G. Sovershenstvovanie metodiki i sredstv opredeleniya energeticheskikh i toplivno-ekonomicheskikh pokazatelej dvigatelej traktorov : / A. G. Arzhenovskij, S. V. Asaturyan. – Zernograd : Azovo-CHernomorskij inzhenernyj institut - filial federal'nogo gosudarstvennogo byudzhetnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego obrazovaniya "Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet" v g. Zernograde, 2013. – 120 s.

13. Konstantinov, M. M. Vliyanie tyagovyh i ekspluatacionnyh pokazatelej raboty mashinno-traktornyh agregatov na ih proizvoditel'nost' i ekonomichnost' / M. M. Konstantinov, S. V. Popov, A. I. Bezhin // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2004. – № 2(2). – S. 39-40.

14. Gajsin, E. M. Sposoby povysheniya effektivnosti raboty traktornyh dizel'nyh dvigatelej / E. M. Gajsin, F. R. Safin, A. S. Rozhkov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 1(93). – S. 89-93.

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

Игнатов Антон Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, camoxod1990@yandex.ru

Демин Евгений Евгеньевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, psminapk@mail.ru

Чекмарев Василий Васильевич, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, chekmarev.v@yandex.ru

Марусин Александр Вячеславович, канд. техн. наук, доцент, начальник патентно-информационного отдела, доцент департамента транспорта Инженерной академии, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, 89271333424@mail.ru

Author information

Ignatov Anton V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department «Technical Support of Agroindustrial Complex», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, camoxod1990@yandex.ru

Demin Evgeny E., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department «Technical Support of Agroindustrial Complex», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, psminapk@mail.ru

Chekmarev Vasily V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department «Technical Support of Agroindustrial Complex», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, chekmarev.v@yandex.ru

Marusin Alexander V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, head of the patent information department, Associate Professor of the Department of Transport of the Engineering Academy, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, 89271333424@mail.ru

Статья поступила в редакцию 02.10.2023; одобрена после рецензирования 26.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 02.10.2023; approved after reviewing 26.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.8
DOI: 10.36508/RSATU.2023.22.62.019ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ
ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ РАЗБРАСЫВАТЕЛЯМИ**Артем Сергеевич Костаринов¹, Вячеслав Викторович Терентьев², Николай Викторович Аникин³, Константин Петрович Андреев⁴, Валентин Алексеевич Макаров⁵**^{1,2,3,4,5} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия¹ kostarinov@mail.ru² vvt62ryazan@yandex.ru³ hay459@mail.ru⁴ kosta066@yandex.ru⁵ va_makarov@rambler.ru**Аннотация.**

Проблема и цель. Для повышения эффективности применения удобрений исследования должны быть сосредоточены на технических характеристиках центробежных разбрасывателей, оснащенных вращающимися дисками с переменной скоростью вращения, а также на равномерности внесения удобрений. На динамику разбрасывания частиц удобрений влияют фиксированные и изменяемые технические характеристики разбрасывателя, например, скорость вращения и положение вращающихся дисков, угол наклона лопастей дисков, размер выпускного отверстия (заслонка), место, где каждая частица падает на вращающийся диск, расход нагнетаемого воздуха, скорость движения машины и рабочая ширина. Точка приземления частицы на почву зависит от траектории самой частицы, которая подбрасывается вращающимся диском в воздух. Поскольку несколько случайных факторов способствуют изменению траектории частиц в процессе разбрасывания, необходима имитационная модель центробежного разбрасывателя, учитывающая свойства удобрения. На самом деле экспериментальное исследование процесса внесения удобрений занимает много времени и обходится дорого. Поэтому, чтобы сэкономить как время, так и затраты, для анализа динамики внесения удобрений можно было бы использовать моделирование.

Методология. Чтобы обеспечить воспроизводимость результатов исследования, для моделирования центробежного разбрасывателя удобрений использовалось программное обеспечение. Для имитационной модели были выбраны параметры центробежного разбрасывателя удобрений МВУ-1200. Для испытываемого удобрения была установлена рабочая ширина 14 м. Норма внесения гранулированных удобрений была выбрана в соответствии с рекомендациями производителя для такого центробежного разбрасывателя удобрений. Для моделирования с помощью программного обеспечения требовались такие параметры разбрасывателя, как размер выпускного отверстия (заслонки), скорость вращения вращающегося диска и высота (расстояние между диском и землей), а также угол наклона лопастей дисков. Для проведения испытаний на базе вышеупомянутого центробежного разбрасывателя удобрений была разработана модель разбрасывателя.

Результаты. Результаты, полученные во время виртуального разбрасывания, были обработаны и описаны путем оценки среднего расстояния, пройденного частицами удобрения, т.е. от вращающегося диска до почвы, которое оценивалось на основе скорости вращения дисков во время испытаний. Средние скорости частиц гранулированных органических удобрений 4 мм и 6 мм были оценены в ходе моделирования на основе скорости вращения диска при расходах на выходе 200 и 400 г/с⁻¹. Анализ результатов испытаний показывает, что на однородность влияют скорость потока при выгрузке и диаметр частиц удобрения. Это означает, что при скорости потока на выходе 200 г/с⁻¹ наблюдалось более равномерное распределение частиц диаметром 4 мм. Между тем, при скорости потока на выходе 400 г/с⁻¹, гранулированные удобрения диаметром 6 мм распределялись более равномерно.

Заключение. Разработанная имитационная модель является потенциальным инструментом для проектирования и оптимизации разбрасывателей удобрений. Фактически, это может сократить количество прототипов, которые необходимо изготовить и количество тестов, которые необходимо провести для настройки параметров машины. Кроме того, разработанная имитационная модель может предоставить информацию о конструкции систем настройки и управления, установленных на центробежных разбрасывателях удобрений. Фактически, эти системы необходимы




для внесения удобрений с изменяемой в пространстве нормой в рамках цикла точного земледелия, удовлетворяя потребности современных фермеров, а также защитников окружающей среды.

Ключевые слова: внесение удобрений, качество, гранулы, эффективность, моделирование, равномерность, разбрасыватель, точное земледелие

Для цитирования: Костаринов А.С., Терентьев В.В., Аникин Н.В., Андреев К.П., Макаров В. А. Применение имитационного моделирования при внесении удобрений центробежными разбрасывателями // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №4. С. 134-145 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.22.62.019>

Original article

APPLICATION OF SIMULATION MODELING WHEN APPLYING FERTILIZERS WITH CENTRIFUGAL SPREADERS

Artem S. Kostarinov¹, Vyacheslav V. Terentyev², Nikolay V. Anikin³, Konstantin P. Andreev⁴ , Valentin A. Makarov⁵

^{1,2,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ kostarinov@mail.ru

² vvt62ryazan@yandex.ru

³ hay459@mail.ru

⁴ kosta066@yandex.ru

⁵ va_makarov@rambler.ru

Abstract.

Problem and purpose. To improve the efficiency of fertilizer application, research should focus on the technical characteristics of centrifugal spreaders equipped with variable speed rotating discs, as well as the uniformity of fertilizer application. The dynamics of spreading fertilizer particles are influenced by fixed and variable technical characteristics of the spreader, for example, the rotation speed and position of the rotating discs, the angle of the disc blades, the size of the outlet (damper), the place where each particle falls on the rotating disc, the discharge air flow, the speed of movement machines and working width. The landing point of a particle on the soil depends on the trajectory of the particle itself, which is thrown into the air by a rotating disk. Since several random factors contribute to changes in particle trajectory during the spreading process, a centrifugal spreader simulation model that takes into account the properties of the fertilizer is needed. In fact, experimental research into the fertilization process is time-consuming and expensive. Therefore, to save both time and cost, modeling could be used to analyze fertilizer application dynamics.

Methodology. To ensure reproducibility of the study results, software was used to simulate a centrifugal fertilizer spreader. For the simulation model, the parameters of the MVU-1200 centrifugal fertilizer spreader were selected. The test fertilizer was set to a working width of 14 m. The granular fertilizer application rate was selected according to the manufacturer's recommendations for this centrifugal fertilizer spreader. The software simulation required spreader parameters such as outlet size (damper), rotating disc speed and height (distance between disc and ground), and disc blade angle. For testing purposes, a spreader model was developed based on the above-mentioned centrifugal fertilizer spreader.

Results. The results obtained during virtual spreading were processed and described by estimating the average distance traveled by the fertilizer particles, i.e. from the rotating disk to the soil, which was estimated based on the rotation speed of the rotating disks during testing. The average particle velocities of 4mm and 6mm granular organic fertilizers were estimated from simulations based on disk rotation speed at outlet flow rates of 200 and 400 g/s⁻¹. Analysis of the test results shows that uniformity is affected by the discharge flow rate and the diameter of the fertilizer particles. This means that at an outlet flow rate of 200 g/s⁻¹, a more uniform distribution of particles with a diameter of 4 mm was observed. Meanwhile, at an outlet flow rate of 400 g/s⁻¹, the 6 mm diameter granular fertilizers were distributed more evenly.

Conclusion. The developed simulation model is a potential tool for the design and optimization of fertilizer spreaders. In fact, it can reduce the number of prototypes that need to be made and the number of tests that need to be carried out to tune machine parameters. In addition, the developed simulation model can provide information on the design of tuning and control systems installed on centrifugal fertilizer spreaders. In fact, these systems are needed to apply spatially variable fertilizer rates as part of the precision agriculture cycle, meeting the needs of modern farmers as well as environmentalists.

Key words: fertilization, agricultural machines, quality, granules, efficiency, modeling, uniformity, spreader, precision farming

For citation: Kostarinov A.S., Terentyev V.V., Anikin N.V., Andreev K.P., Makarov V.A. Application of simulation modeling when applying fertilizers with centrifugal spreaders // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, N. 4. P. 134-145. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.22.62.019>



Введение

Наиболее популярными по всему миру сельскохозяйственными машинами для внесения гранулированных удобрений на поверхность почвы являются центробежные разбрасыватели из-за их низкой цены, простоты обслуживания и большой рабочей ширины, от 18 до 50 м. Они включают в себя бункер с двумя разгрузочными отверстиями (заслонками) на дне и два диска, один из которых вращается по часовой стрелке, а другой – против часовой стрелки (рис. 1). Даже если эти разбрасыватели использовались в основном для равномерного распределения удобрений по поверхности, они также используются для внесения удобрений с переменной нормой в соответствии с принципами точного земледелия [6-9]. Фактически, измерение параметров почвы позволяет создавать почвенные карты, которые вместе с картой урожайности, как правило, более точно показывают потребность в макроэлементах, таких как азот, фосфор и калий. В ответ на растущую озабоченность по поводу окружающей среды и желание фермеров снизить затраты на выращивание сельскохозяйственных культур и, следовательно, увеличить свою прибыль, исследователи сосредоточились на применении удобрений с изменяемой в пространстве нормой внесения. Когда удобрение вносится в соответствии с требованиями конкретного участка, его вымывание в грунтовые и поверхностные воды сводится к минимуму, при этом экономится значительное количество средств на выращивание дорогостоящей культуры. Более того, сообщалось, что недостаточная или чрезмерная дозировка удобрений приводит к потере урожая. При использовании разбрасывателей для внесения гранулированных удобрений важно совершенствовать и разрабатывать быстрые, дешевые и надежные методы внесения [1-4].



1 – бункер; 2 – разгрузочные отверстия (заслонки);
3 – два диска, один из которых вращается по часовой стрелке, другой – против часовой стрелки

Рис. 1 – Устройство центробежного разбрасывателя удобрений

1 – bunker; 2 – unloading openings (dampers);
3 – two disks, one of which rotates clockwise and the other counterclockwise

Fig.1 – Design of a centrifugal fertilizer spreader

Чтобы повысить эффективность использования удобрений, исследования должны быть со-

средоточены на технических характеристиках центробежных разбрасывателей, оснащенных вращающимися дисками с переменной скоростью вращения, а также на равномерности внесения удобрений в поперечном направлении (по траектории, перпендикулярной машине). На динамику разбрасывания частиц удобрений влияют фиксированные и изменяемые технические характеристики разбрасывателя, например, скорость вращения и положение вращающихся дисков, угол наклона лопастей дисков, размер выпускного отверстия (заслонки), место, где каждая частица падает на вращающийся диск, расход нагнетаемого воздуха, скорость движения машины и рабочая ширина. Точка приземления частицы на почву зависит от траектории самой частицы, которая подбрасывается вращающимся диском в воздух. Поскольку несколько случайных факторов способствуют изменению траектории частиц в процессе разбрасывания [5], необходима имитационная модель центробежного разбрасывателя, учитывающая свойства удобрения. На самом деле экспериментальное исследование процесса внесения удобрений занимает много времени и обходится дорого. Поэтому, чтобы сэкономить как время, так и затраты, для анализа динамики внесения удобрений можно было бы использовать моделирование.

Российские ученые описали имитационную модель вращающихся дисков разбрасывателя удобрений. Эта модель основана на законах физики для отслеживания движения частиц удобрений, когда они попадают на вращающийся диск разбрасывателя, подбрасываются в воздух и приземляются на почву. Вычисляя большое количество траекторий частиц для различных начальных условий, можно статистически определить характер распространения по почве. Моделирование работы разбрасывателя позволяет исследовать широкий диапазон параметров, влияющих на движение частиц, т.е. свойства самих частиц и настраиваемые параметры машины. Таким образом, имитационная модель может быть интегрирована в систему настройки и управления разбрасывателем удобрений. Кроме того, это также может быть полезно для проектирования и оптимизации разбрасывателя, сокращая количество изготовленных прототипов и количество проводимых наладочных испытаний. Модель растекания, основанная на формуле, а также на некоторых дополнительных анализах, делающих ее более общей, рассматривает движение частицы с момента ее касания вращающегося диска, выходящего из бункера, до момента, когда она выходит из бункера и приземляется на почву [6-8].

Дальнейшие разработки были в большей степени сосредоточены на движении частицы, подбрасываемой в воздух вращающимся диском. Они исследовали влияние различных физико-механических свойств удобрения (размер частиц, коэффициент трения, коэффициент восстановления, аэродинамическое сопротивление и прочность частиц) на движение частиц от бункера к вращающемуся диску и по воздуху.



Большинство теоретических исследований, выполненных другими учеными, было сосредоточено на траектории частиц удобрений. Используя метод дискретных элементов, можно лучше смоделировать процесс разбрасывания и получить более точные результаты на больших площадях внесения удобрений. Растущее использование гранулированных удобрений и центробежных разбрасывателей определяет необходимость моделирования процесса внесения удобрений с целью достижения наиболее равномерного поперечного распределения.

Расширенный метод отдельных элементов, представленный в этой статье, может быть использован для оптимизации внесения гранулированных удобрений круглой формы. Моделирование помогает улучшить процесс разбрасывания удобрений гораздо более дешевым и быстрым способом. На основе разработанной модели результаты детально интерпретируются. Дальнейшая и более детальная оценка и исследования изменений параметров удобрений обеспечили бы

качественное внесение этих удобрений.

Объекты и методы

В данном исследовании использовались гранулированные удобрения. Свойства этих гранул, такие как сухое вещество, плотность частиц, диаметр гранул и коэффициент трения, были оценены экспериментальным лабораторным исследованием, в университете. Гранулированные частицы удобрения круглой формы были отобраны вручную для моделирования разбрасывания. Десять гранул были выбраны случайным образом, чтобы получить среднее значение и погрешность физических и биометрических параметров гранул [10]. В многочисленных исследованиях подробно описаны методы изучения физико-механических свойств гранул удобрений. На основе физико-механических свойств гранул, представленных в таблице 1, была разработана 3D-модель гранулированных удобрений. Эти параметры были использованы для моделирования разбрасывания гранулированных удобрений.

Таблица 1 – Основные физико-механические параметры гранулированных удобрений

Параметры	Удобрение 1	Удобрение 2
Сухое вещество, %	90	88
Плотность частиц, кг м ⁻³	650	700
Диаметр гранул, мм	3 ± 0.12	4,5 ± 0.36
Коэффициент трения гранул	0.45	0.47
Аэродинамический коэффициент гранул	0.91	0.82

Примеры частиц гранулированных органических удобрений на основе птичьего помета представлены на рисунке 2.



Рис.2 – Гранулированные органические частицы: А – гранулы диаметром 3 мм;

Б – гранулы диаметром 4,5 мм

Fig.2 – Granular organic particles: A – granules with a diameter of 3 mm;

B – granules with a diameter of 4.5 mm

После того, как физические и механические параметры были заданы в программном обеспечении для проектирования модели гранулы, была рассчитана сила, приложенная к самой грануле, движущейся с соответствующей скоростью, и определен коэффициент аэродинамического сопротивления. В программном обеспечении была разработана 3D-модель частиц гранулированного

удобрения. Частица была смоделирована в виде двух сфер в соответствии с биометрическими параметрами таким образом, чтобы максимально соответствовать форме.

Физико-механические параметры гранулированных удобрений были отнесены к модели гранул (табл. 1). Чтобы создать движение, аналогичное естественно распределенному потоку удобрений, каждую частицу в моделируемой модели удобрений можно умножить в n раз.

Чтобы обеспечить воспроизводимость результатов исследования, для моделирования центробежного разбрасывателя удобрений использовалось программное обеспечение. Для имитационной модели были выбраны параметры центробежного разбрасывателя удобрений МВУ-1200, и эти параметры приведены в таблице 2.

Для испытываемого удобрения была установлена рабочая ширина 14 м. Норма внесения гранулированных удобрений была выбрана в соответствии с рекомендациями производителя для такого центробежного разбрасывателя удобрений. Для моделирования с помощью программного обеспечения требовались такие параметры разбрасывателя, как размер выпускного отверстия (заслонки), скорость вращения вращающегося диска и высота (расстояние между диском и землей), а также угол наклона лопастей дисков. Для проведения испытаний на базе вышеупомянутого центробежного разбрасывателя удобрений была разработана модель разбрасывателя со следую-



щими техническими параметрами: двухдисковый; расстояние между дисками – 105 см; диаметр диска – 60 см; длина лезвия – 32 см при невращающемся угле и 36 см с поворотом на 5 градусов. Разбрасыватель достигает высоты 0,9 м и скорости 2,2 м/с⁻¹ (7,92 км/ч⁻¹). Скорость враще-

ния диска составляет около 65 рад с⁻¹ (621 мин⁻¹) при полностью открытых заслонках. Угол наклона вращающихся дисков был установлен равным нулю. Эта модель была разработана с использованием инструмента 3D-моделирования.

Таблица 2 – Параметры разбрасывателя удобрений МВУ-1200, использованные для создания модели разбрасывателя и вращающихся дисков

Параметры	Значения
Рабочая, м	14
Высота вращающихся дисков (расстояние между диском и землей), м	0,9
Расстояние между дисками, м	1,05
Диаметр дисков, м	0,6
Высота разбрасывателя, м	0,9
Скорость вращения диска центробежного разбрасывателя, мин ⁻¹	450/600
Расход удобрения при выгрузке, г с ⁻¹	200/400
Время моделирования, с	6

Параметры, влияющие на траекторию движения частиц, были выбраны для исследования значений внесения удобрений на основе как кинематического, так и динамического анализа. Расстояние между частицами, падающими в направлении наклонной плоскости под любым углом броска, может быть описано уравнением движения каждой частицы, основанным на втором законе движения Ньютона. Все действующие силы (контакт, гравитация, привод) и масса частиц оцениваются с помощью уравнений движения Ньютона. Тип материала, коэффициент трения удобрения и основные характеристики окружающей среды постоянно регистрировались для обеспечения точности моделирования. Имитационной модели были присвоены параметры окружающей среды, влияющие на движение частиц (скорость ветра – 7 м/с; влажность – 70 %; температура – 16° С). Модель была реализована путем имитации движения разбрасывателя удобрений по полю. Для имитационного анализа были использованы значения по умолчанию (отсутствие скольжения) с зависящим от относительной скорости контактом трения качения (т.е. программное обеспечение). Программное обеспечение оценивает трение качения, которое зависит от относительной скорости вращения пары элементов. Модель, имитирующая трение качения в программном обеспечении, была применена к контактным поверхностям при постоянном крутящем моменте. На крутящий момент влияла скорость двух подвергшихся воздействию частиц.

Прежде всего, как было описано ранее, мы создали в программе модель частиц. Затем было добавлено оборудование для разбрасывания, и рабочие параметры этого оборудования для создания виртуальной модели разбрасывания частиц. Время моделирования было выбрано таким образом, чтобы результаты расчетов не менялись во время испытаний с интервалом в 6 с. и более. Чтобы повысить точность моделирования, значения моделирования соответствовали фактическому перемещению центробежного разбрасывателя удобрений внутри поля. Моделирование было

повторено трижды. Удалось смоделировать реальное внесение удобрений во время работы разбрасывателя на поле. Модель двухдискового центробежного разбрасывателя была импортирована в программное обеспечение для моделирования внесения удобрений на поле.

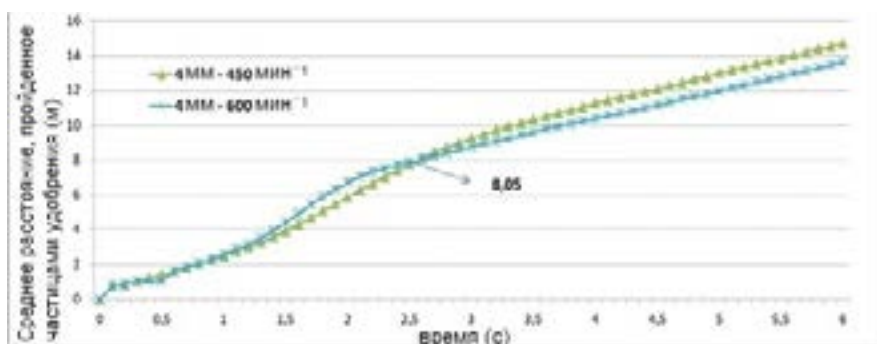
Результаты и обсуждение

После создания всех элементов были учтены их взаимодействия: частица к частице и частица к диску. Моделирование модели было начато после того, как были установлены все эти взаимодействия. Для первоначальной настройки и оценки были использованы свойства материала программы (плотность, коэффициент трения качения, коэффициент статического трения и т.д.), связанные со связью частица к частице.

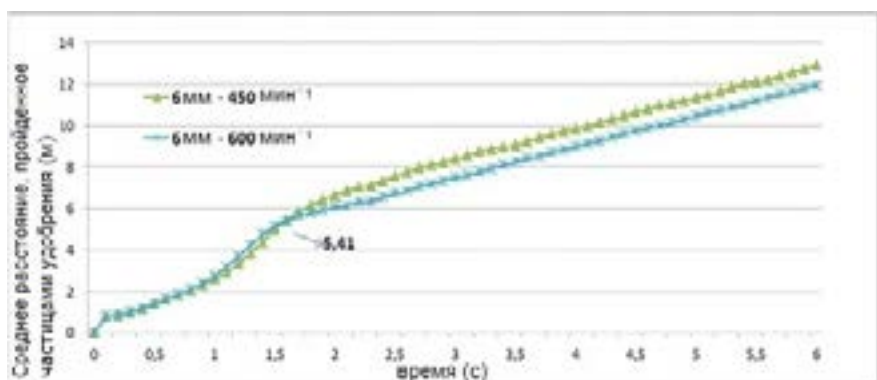
Для оценки соответствия частицы геометрии использовались те же свойства, что и при оценке взаимодействий между частицами. В этом случае соединение частицы и диска распределителя также оценивалось с помощью модели (без проскальзывания). Только в этом случае материал оборудования не был сыпучим материалом, как при оценке контакта частиц друг с другом. Поскольку диски изготовлены из стали, к свойствам были добавлены различные значения, чтобы обеспечить соответствие геометрии частиц.

Результаты, полученные во время виртуального разбрасывания, были обработаны и описаны путем оценки среднего расстояния, пройденного частицами удобрения, т.е. от вращающегося диска до почвы, которое оценивалось на основе скорости вращения дисков во время испытаний. На рисунке 3 показано среднее расстояние, пройденное частицами удобрений при скорости потока на выходе 200 г/с⁻¹.

Наибольшее среднее расстояние, пройденное частицами удобрения, составило 14,69 м, когда скорость вращения вращающихся дисков составляла 450 мин⁻¹. Однако наименьшее среднее расстояние, пройденное частицами удобрения, составило 11,94 м, когда скорость вращения вращающихся дисков составляла 600 мин⁻¹.



а

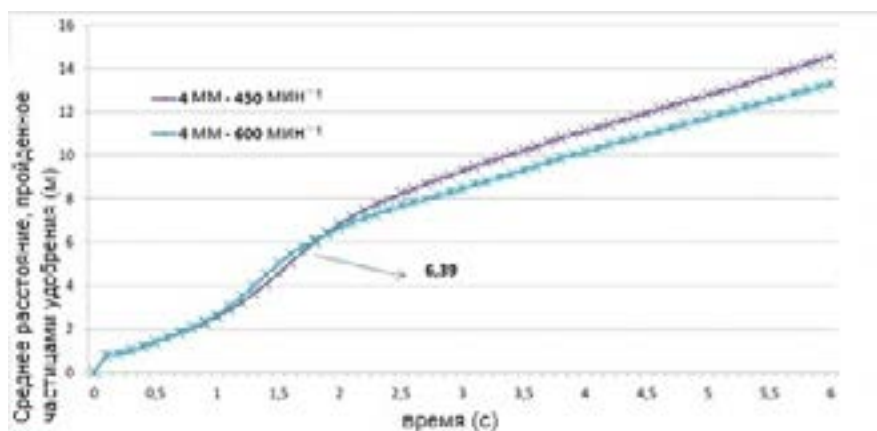


б

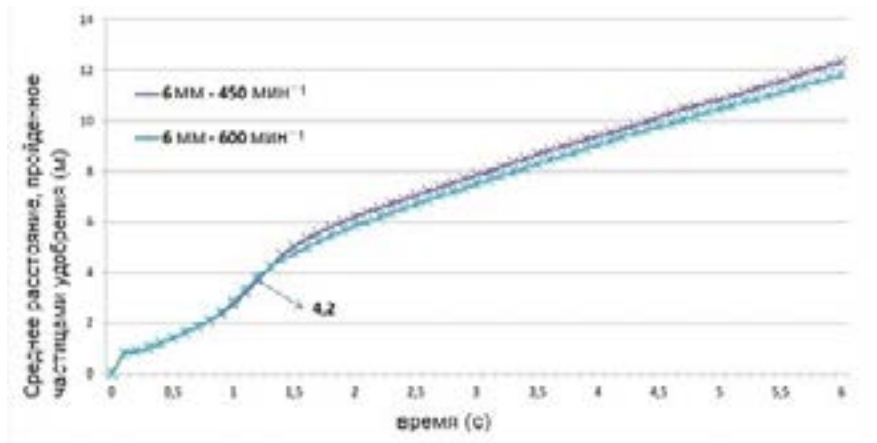
Наибольшее среднее расстояние, пройденное частицами удобрения, составило 15,03 м при расходе 400 г/с⁻¹ и скорости вращения диска 450 мин⁻¹. Наименьшее расстояние, пройден-

ное частицами удобрения, составило 11,82 м при расходе 400 г/с⁻¹ и скорости вращения диска 600 мин⁻¹.

Рис. 3 – Среднее расстояние, пройденное частицами удобрения 4 мм (а) и удобрения 6 мм (б), при скорости потока на выходе составляло 200 г с⁻¹
Fig. 3 – The average distance traveled by particles of 4 mm fertilizer (a) and 6 mm fertilizer (b) at an outlet flow rate of 200 g s⁻¹



а



б

Рис.4 – Среднее расстояние, пройденное частицами удобрения 4 мм (а) и удобрения 6 мм (б),

при скорости потока на выходе составляло 400 г с⁻¹

Fig. 4 – the average distance traveled by particles of 4 mm fertilizer (a) and 6 mm fertilizer (b) at an outlet flow rate of 400 g s⁻¹.

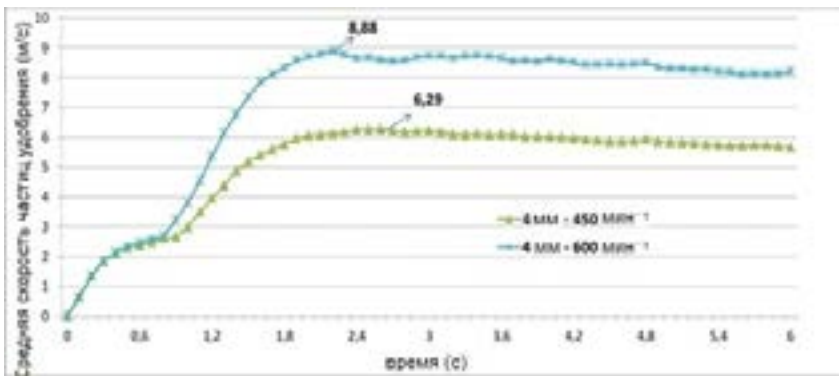


В течение 6 секунд моделирования результаты баллистической модели показали, что наибольшее среднее расстояние, пройденное гранулированным органическим удобрением, не повлияло на расход выгружаемого удобрения при скорости вращения 450 мин⁻¹. Среднее расстояние, пройденное гранулированным удобрением, всегда было наименьшим, когда скорость вращения диска составляла 600 мин⁻¹ в течение 6 с после моделирования, независимо от скорости потока на выходе.

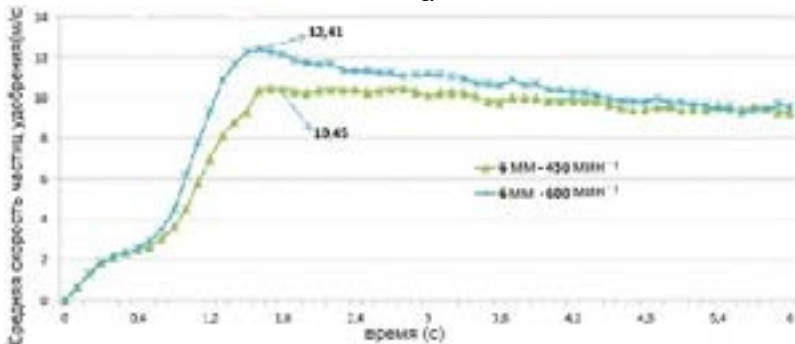
Результаты моделирования показали, что скорости вращения диска 450 и 600 мин⁻¹ и расход на выходе 200 и 400 г/с⁻¹ не влияли на среднее расстояние, пройденное гранулированными удобрениями. Фактически, среднее расстояние, пройденное гранулами удобрения, напрямую зависит от времени вращения диска: чем дольше гранула перемещается по диску, тем больше расстояние, пройденное самой гранулой. Полученные результаты показали, что частицы с большей массой перемещались дальше, когда аэродинамическое

сопротивление было в 1,1 раза ниже, чем у гранул с меньшей массой. Аналогичные результаты были получены другими исследователями [7,11].

Средние скорости частиц гранулированных органических удобрений 4мм и 6 мм были оценены в ходе моделирования на основе скорости вращения диска при расходах на выходе 200 (рис. 4) и 400 г/с⁻¹ (рис. 5). Аналогичные результаты были получены при внесении удобрения со скоростью подачи 200 г/с⁻¹ и при выбранных обеих скоростях вращения диска – 450 и 600 мин⁻¹. Когда средняя скорость гранул достигала 3-3,9 м/с⁻¹, скорость вращения диска достигала своего максимального значения, а затем скорость частиц начинала незначительно снижаться. Самая высокая скорость гранул – 12,41 м/с⁻¹ наблюдалась при скорости вращения диска 450 мин⁻¹ для удобрений 6 мм. Самая низкая скорость гранул была зарегистрирована при скорости вращения диска 450 мин⁻¹, в то время как самая высокая скорость гранул, т.е. 6,23 м/с⁻¹, была получена при скорости вращения диска 600 мин⁻¹.

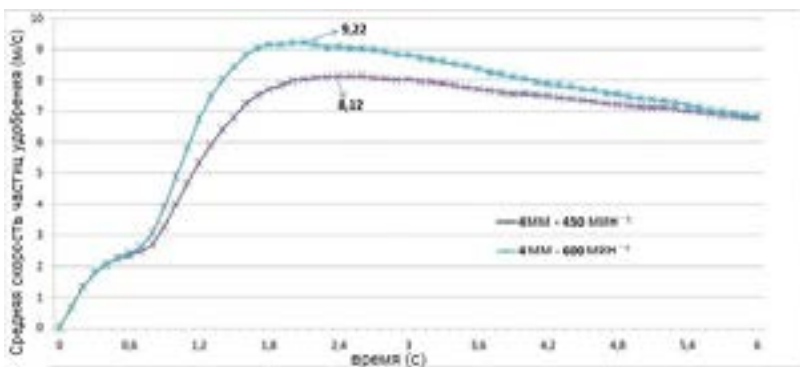


а



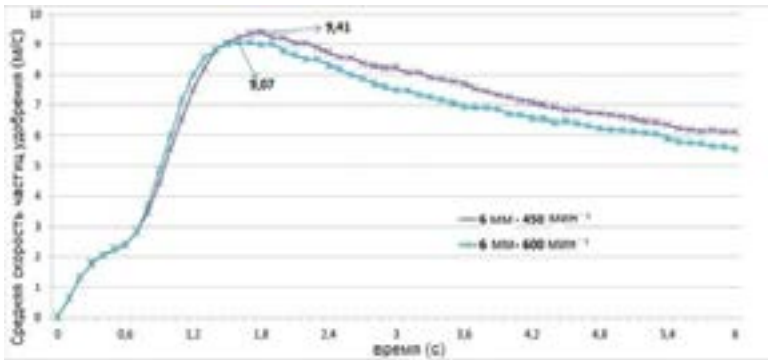
б

Рис. 5 – Средняя скорость частиц удобрения 4 мм (а) и удобрения 6 мм (б) при расходе на выходе составляла 200 г с⁻¹
Fig. 5 – The average particle speed of 4 mm fertilizer (a) and 6 mm fertilizer (b) at the outlet flow rate was 200 g s⁻¹



а

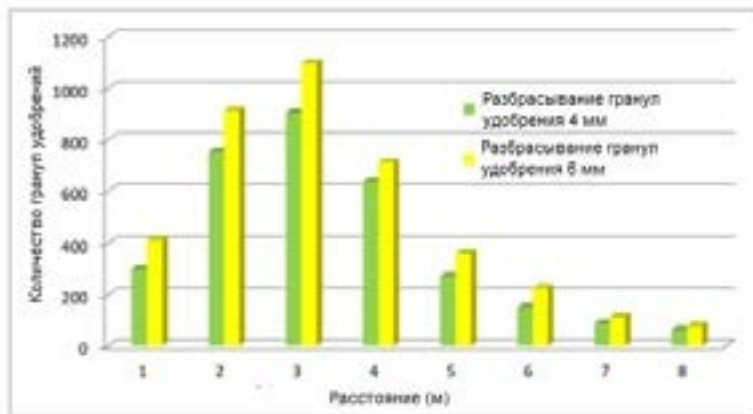
Рис. 6 – Средняя скорость частиц



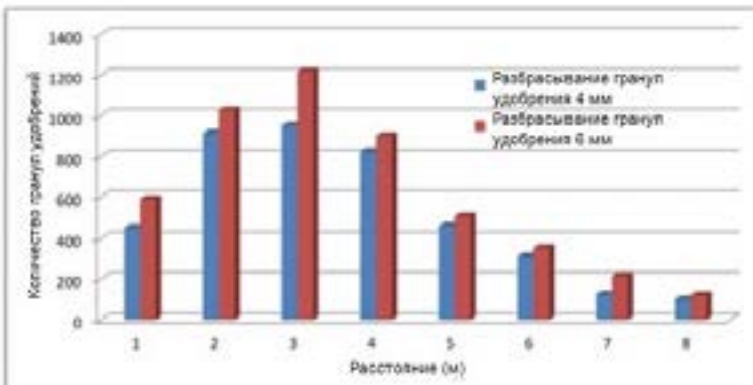
б

Как показано на рисунке 7, наибольшая скорость внесения гранулированного удобрения была зафиксирована при более высокой скорости вращения диска (600 мин⁻¹). Наибольшая скорость гранулирования была достигнута при скорости вращения диска 450 мин⁻¹ с удобрением

(диаметр гранул 6 мм). Максимальная скорость гранул была достигнута за время моделирования, равное 1,9 с. Наибольшая скорость гранул, т.е. 10,25-10,82 м/с⁻¹, была зафиксирована при скорости вращения диска 450 мин⁻¹.



а



б

Наименьшая скорость гранул была зафиксирована при скорости вращения диска 450 мин⁻¹ с удобрением (диаметр гранул 4 мм). Фактически, самая высокая скорость гранул при такой скорости вращения диска составляла 6,15 м/с⁻¹. Согласно результатам моделирования, скорость диспергирования частиц гранулированного органического удобрения была постоянной с течением времени. Скорость полета удобрения в воздухе варьировала от 10,52 до 11,79 м/с⁻¹.

Было проведено моделирование разбрасывания гранул удобрения, и результаты представлены на рисунках 5 и 6. Полученные результаты пока-

зали, что масса частиц гранулированного органического удобрения равномерно распределялась в течение всего времени моделирования. Однако это более актуально на теоретическом уровне, поскольку это трудно реализовать на практике.

Как показано на рисунке 6, при анализе распределения частиц диаметром как 4, так и 6 мм распределение гранул удобрения при скорости вращения диска 400 мин⁻¹ было ниже, чем нормальная (гауссова g₂) кривая. Средний разброс данных на рисунке 6 а при расходе на выходе 200 г/с⁻¹ составляет -1,42 для частиц диаметром 4 мм и -1,12 для частиц диаметром 6 мм. Это оз-

Продолжение рисунка 6

Рис. 6 – Средняя скорость частиц удобрения 4 мм (а) и удобрения 6 мм (б) при расходе на выходе составляла 400 г с⁻¹

Fig. 6 – The average particle speed of 4 mm fertilizer (a) and 6 mm fertilizer (b) at the outlet flow rate was 400 g s⁻¹.

Рис.7 – Разбрасывание гранул удобрения, полученных при скорости вращения диска 450 мин⁻¹: (а) нормальный расход при выгрузке 200 г с⁻¹; (б) нормальный расход при выгрузке 400 г/с⁻¹

Fig. 7 – Spreading of fertilizer granules obtained at a disk rotation speed of 450 min⁻¹: (a) normal flow rate for unloading 200 g s⁻¹; (b) normal discharge rate 400 g/s⁻¹



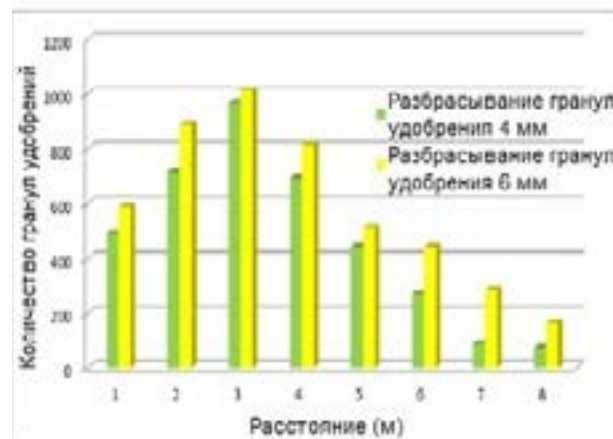
начает, что $g_2 < 0$ и предполагает, что стандартное отклонение данных больше, чем нормальная кривая. Большее количество частиц рассеивается на расстоянии примерно 3-6 м от диска и сильно уменьшается между 0-2 и 7-8 м. Это указывает на то, что распределение частиц гранулированных органических удобрений неравномерно. Аналогичные результаты наблюдаются при анализе данных, представленных на рисунке 3 б, при расходе на выходе 400 г/с^{-1} . Частица g_2 диаметром 4 мм равна -1,81, а частица диаметром 6 мм равна -1,36. Это означает, что $g_2 < 0$ и предполагает, что стандартное отклонение данных больше, чем нормальная кривая. Большее количество частиц распределяется на расстоянии примерно 3-6 м от диска, и это количество сильно уменьшается между 0-2 и 7-8 м. Это указывает на то, что распределение частиц гранулированных органических удобрений неравномерно. Однако g_2 также предполагает, что гранулы органических удобрений на основе навоза распределяются более равномерно при диаметре частиц 6 мм.

Аналогичные результаты наблюдаются при анализе данных, показанных на рис. 6 б. Для частиц диаметром 4 мм значение g_2 равно 0,86, а для частиц диаметром 6 мм значение g_2 равно 1,35. Это означает, что $g_2 < 0$, и предполагает, что стандартное отклонение данных больше, чем нормальная кривая. Большее количество частиц рассеивается на расстоянии примерно 3-6 м от диска и сильно уменьшается между 0-2 и 7-8 м. Это указывает на то, что распределение частиц гранулированных органических удобрений неравномерно. Однако g_2 также предполагает, что частицы органических удобрений на основе навоза распределяются более равномерно, когда гранулы имеют диаметр 4 мм; примерно в 1,6 раза более равномерно, чем гранулы диаметром 6 мм.

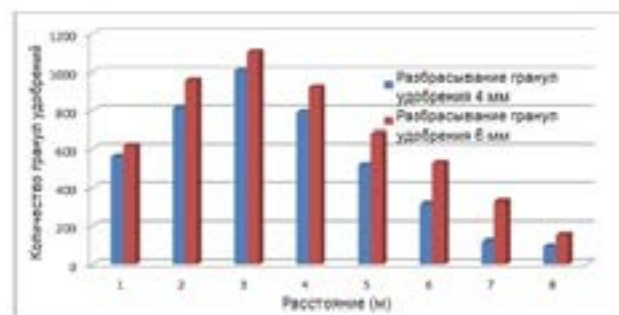
Анализ результатов испытаний показывает, что на однородность влияют скорость потока при выгрузке и диаметр частиц удобрения. Это означает, что при скорости потока на выходе 200 г/с^{-1} наблюдалось более равномерное распределение частиц диаметром 4 мм. Между тем, при скорости потока на выходе 400 г/с^{-1} гранулированные удобрения диаметром 6 мм распределялись более равномерно.

Можно наблюдать, что количество гранул удобрения увеличивается с увеличением потока через выпускные отверстия (заслонки) разбрасывателя удобрений (рис. 8 а, б). Количество гранул увеличивается до тех пор, пока не будет достигнуто расстояние 11,82 м. Более высокая норма внесения удобрения достигается на расстоянии от 11 до 14 м. Когда это расстояние становится больше 14 м, количество гранул начинает значительно уменьшаться. Степень распределения гранул удобрения варьируется в соответствии с принципом Гаусса. Результаты испытаний показывают, что эффективная рабочая ширина имеет небольшую тенденцию к увеличению, хотя различия незначительны. Аналогичные результаты моделирования разбрасывания удобрений были получены другими исследователями [11].

Можно сделать вывод, что возможно разработать модель разбрасывания гранулированных цилиндрических частиц удобрения и выполнить моделирование в программной среде.



а



б

Рис. 8 – Разбрасывание гранул удобрения, полученных при скорости вращения диска 600 мин^{-1} : (а) нормальный расход при выгрузке 200 г с^{-1} ; (б) нормальный расход при выгрузке 400 г с^{-1}

Fig. 8 – Spreading of fertilizer granules obtained at a disk rotation speed of 600 min^{-1} : (a) normal discharge rate 200 g s^{-1} ; (b) normal discharge rate 400 g s^{-1}

Выводы

Результаты этого исследования показывают следующее:

- может быть разработана модель для разбрасывания гранулированных частиц удобрений;
- моделирование с использованием вышеупомянутой модели может выполняться в любой программной среде;
- расстояние, пройденное гранулой удобрения, зависит от физико-механических параметров, скорости разбрасывания и скорости вращения диска разбрасывателя.

Анализ результатов моделирования показывает, что при скорости потока на выходе 200 г/с^{-1} наблюдалось более равномерное распределение частиц диаметром 4 мм. При скорости потока на выходе 400 г/с^{-1} гранулированные частицы удобрений диаметром 6 мм распределялись более равномерно. Кроме того, разработанная имитационная модель является потенциальным инструментом для проектирования и оптимизации разбрасывателей удобрений. Фактически, это могло



бы сократить количество прототипов, которые необходимо изготовить, прежде чем их можно будет продать, и количество тестов, которые необходимо провести для настройки параметров машины.

Кроме того, разработанная имитационная модель могла бы предоставить информацию о конструкции систем настройки и управления, установленных на центробежных разбрасывателях удобрений. Фактически, эти системы необходимы для внесения удобрений с изменяемой в пространстве нормой в рамках цикла точного земледелия, удовлетворяя потребностям современных фермеров, а также защитников окружающей среды [12-16]. Теперь доступны системы настройки и управления для внесения удобрений с изменяемой в пространстве нормой внесения. Однако системы, представленные на рынке, стоят дорого и часто совместимы только с устройствами, выпущенными одним и тем же производителем.

Список источников

1. Determining the inequality of solid mineral fertilizers application / K. P. Andreev, Zh. V. Danilenko, M. Yu. Kostenko [et al.] // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2018. – Vol. 10, No. 10 Special Issue. – P. 2112-2122.

2. Определение парка структуры полуприцепных и прицепных машин для внесения твердых минеральных удобрений / М. Б. Латышенко, А. В. Шемякин, В. В. Терентьев [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 2. – С. 80-84. - DOI: 10.31992/0321-4443-2019-2-80-84

3. Оценка поперечного распределения минеральных удобрений центробежными разбрасывателями / В. И. Скорляков, О. Н. Негреба, А. Н. Назаров, И. Г. Попелова // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 5(287). – С. 18-24. - DOI: 10.33267/2072-9642-2021-5-18-24

4. Andreev, K. Technological process of application of mineral fertilizers by self-loading machine / K. Andreev, V. Terentyev, A. Shemyakin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 сентября 2019 года. Vol.403. – Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012180. – DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012180.

5. Андреев, К. П. Силовое взаимодействие лопастей ворошителя со слоем удобрений / К. П. Андреев, М. Ю. Костенко, А. В. Шемякин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2(38). – С. 163-167. – DOI 10.18286/1816-4501-2017-2-163-167.

6. Валге, А. М. Моделирование оптимальной нормы внесения минеральных удобрений при возделывании многолетних трав / А. М. Валге, А. И. Сухопаров, Э. А. Папушин // АгроЭкоИнженерия. – 2021. – № 3(108). – С. 66-75. – DOI 10.24412/2713-2641-2021-3108-66-74.

7. Имитационное моделирование поведения пестицидов в почве с целью оптимизации их при-

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

менения / Н. Н. Семенова, К. В. Новожилов, Т. М. Петрова [и др.] // Агрохимия. – 2003. – № 4. – С. 39-55. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17246954>

8. Белов, О. В. Математическая модель технологического процесса внесения органических удобрений при выращивании капусты белокочанной / О. В. Белов // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2013. – № 84. – С. 42-50. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22677090>

9. Казиев В.М. Моделирование формирования биомассы в условиях орошения и внесения удобрений / В. М. Казиев, В. А. Водахова, А. А. Кайгермазов, Ф. Х. Кудяева // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2018. – Т. 12, № 3. – С. 10-13. - DOI: 10.31161/1995-0675-2018-12-3-10-13

10. Андреев, К. П. Влияние гранулометрических и прочностных свойств удобрений на равномерность внесения / К. П. Андреев, А. В. Шемякин, В. В. Терентьев // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 8-9. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34967414>

11. Васильев, С. А. Интеллектуальная технология контроля качества обработки почвы в системе точного земледелия / С. А. Васильев // Земледелие. – 2022. – № 3. – С. 36-41. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-3-36-41

12. Костаринов, А. С. Технология точного земледелия / А. С. Костаринов // В мире научных открытий: Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Ульяновск, 24–25 мая 2022 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. – С. 80-83. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49949814>

13. Точное земледелие, новые технологии в сельском хозяйстве / Э. Гуртмырадов, О. Халмырадова, А. Хезретов, Б. Матякубов // Матрица научного познания. – 2023. – № 5-1. – С. 110-113. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53758635>

14. Афанасьев, Р. А. Внесение удобрений в условиях точного земледелия / Р. А. Афанасьев, А. И. Беленков // Фермер. Поволжье. – 2016. – № 5(47). – С. 32-34. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29822105>

15. Афанасьев, Р. А. Агрохимические аспекты точного земледелия / Р. А. Афанасьев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – № 2. – С. 38-43. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15503904>

16. Improvement of the technological process of surface application of mineral fertilizers / A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00192. – DOI 10.1051/bioconf/20201700192.



References

1. Determining the inequality of solid mineral fertilizers application / K. P. Andreev, Zh. V. Danilenko, M. Yu. Kostenko [et al.] // *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. – 2018. – Vol. 10, No. 10 Special Issue. – P. 2112-2122.
2. Opredelenie parka struktury polupricepnyh i pricepnyh mashin dlya vneseniya tverdyh mineral'nyh udobrenij / M. B. Latyshenok, A. V. SHemyakin, V. V. Terent'ev [i dr.] // *Traktory i sel'hozmashiny*. – 2019. – № 2. – S. 80-84. - DOI: 10.31992/0321-4443-2019-2-80-84
3. Ocenka poperechnogo raspredeleniya mineral'nyh udobrenij centrobezhnymi razbrasyvatel'nyimi / V. I. Skorlyakov, O. N. Negreba, A. N. Nazarov, I. G. Popelova // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2021. – № 5(287). – S. 18-24. - DOI: 10.33267/2072-9642-2021-5-18-24
4. Andreev, K. Technological process of application of mineral fertilizers by self-loading machine / K. Andreev, V. Terentyev, A. Shemyakin // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 sentyabrya 2019 goda. Vol.403. – Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012180. – DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012180.*
5. Andreev, K. P. Silovoe vzaimodejstvie lopasti voroshitelya so sloem udobrenij / K. P. Andreev, M. YU. Kostenko, A. V. SHemyakin // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2017. – № 2(38). – S. 163-167. – DOI 10.18286/1816-4501-2017-2-163-167.
6. Valge, A. M. Modelirovanie optimal'noj normy vneseniya mineral'nyh udobrenij pri vozdeleyvanii mnogoletnih trav / A. M. Valge, A. I. Suhoparov, E. A. Papushin // *AgroEkolInzheneriya*. – 2021. – № 3(108). – S. 66-75. – DOI 10.24412/2713-2641-2021-3108-66-74.
7. Imitacionnoe modelirovanie povedeniya pesticidov v pochve s cel'yu optimizacii ih primeneniya / H. N. Semenova, K. V. Novozhilov, T. M. Petrova [i dr.] // *Agrohimiya*. – 2003. – № 4. – S. 39-55. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17246954>
8. Belov, O. V. Matematicheskaya model' tekhnologicheskogo processa vneseniya organicheskikh udobrenij pri vyrashchivanii kapusty belokochannoj / O. V. Belov // *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. – 2013. – № 84. – S. 42-50. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22677090>
9. Kaziev V.M. Modelirovanie formirovaniya biomassy v usloviyah orosheniya i vneseniya udobrenij / V. M. Kaziev, V. A. Vodahova, A. A. Kajgermazov, F. H. Kudaeva // *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki*. – 2018. – T. 12, № 3. – S. 10-13. - DOI: 10.31161/1995-0675-2018-12-3-10-13
10. Andreev, K. P. Vliyanie granulometricheskikh i prochnostnyh svojstv udobrenij na ravnomernost' vneseniya / K. P. Andreev, A. V. SHemyakin, V. V. Terent'ev // *Sel'skij mekhanizator*. – 2018. – № 2. – S. 8-9. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34967414>
11. Vasil'ev, S. A. Intellektual'naya tekhnologiya kontrolya kachestva obrabotki pochvy v sisteme tochnogo zemledeliya / S. A. Vasil'ev // *Zemledelie*. – 2022. – № 3. – S. 36-41. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-3-36-41
12. Kostarinov, A. S. Tekhnologiya tochnogo zemledeliya / A. S. Kostarinov // *V mire nauchnyh otkrytij: Materialy VI Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii, Ul'yanovsk, 24–25 maya 2022 goda. – Ul'yanovsk: Ul'yanovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. P.A. Stolypina, 2022. – S. 80-83. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49949814>*
13. Tochnoe zemledelie, novye tekhnologii v sel'skom hozyajstve / E. Gurtmyradov, O. Halmyradova, A. Hezretov, B. Matyakubov // *Matrica nauchnogo poznaniya*. – 2023. – № 5-1. – S. 110-113. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53758635>
14. Afanas'ev, R. A. Vnesenie udobrenij v usloviyah tochnogo zemledeliya / R. A. Afanas'ev, A. I. Belenkov // *Fermer. Povolzh'e*. – 2016. – № 5(47). – S. 32-34. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29822105>
15. Afanas'ev, R. A. Agrohimicheskie aspekty tochnogo zemledeliya / R. A. Afanas'ev // *Problemy agrohimii i ekologii*. – 2010. – № 2. – S. 38-43. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15503904>
16. Improvement of the technological process of surface application of mineral fertilizers / A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy [et al.] // *Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13–14 noyabrya 2019 goda. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00192. – DOI 10.1051/bioconf/20201700192.*

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

Костаринов Артем Сергеевич, аспирант кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kostarinov@mail.ru



Терентьев Вячеслав Викторович, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, vvt62ryazan@yandex.ru

Аникин Николай Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, hay459@mail.ru

Андреев Константин Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kosta066@yandex.ru

Макаров Валентин Алексеевич, д-р техн. наук, профессор кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, va_makarov@rambler.ru

Author information

Kostarinov Artem S., Postgraduate Student, Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, kostarinov@mail.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, Russia, vvt62ryazan@yandex.ru

Anikin Nikolay V. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automotive equipment and thermal power engineering, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, hay459@mail.ru

Andreev Konstantin P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, kosta066@yandex.ru

Makarov Valentin A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, va_makarov@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 22.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 22.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №4, с. 146-151
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №4, pp 146-151

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.343
DOI: 10.36508/RSATU.2023.35.30.020

**РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ВОРОНКООБРАЗОВАНИЯ ЖИДКОСТИ
В РЕЗЕРВУАРЕ БПЛА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Александр Геннадьевич Магдин¹, Алексей Дмитриевич Припадчев², Александр Алексеевич Горбунов³, Кирилл Владиславович Барановский⁴

^{1,2,3,4} Оренбургский государственный университет, пр. Победы 13, г. Оренбург, Россия

¹ magdin.sasha@yandex.ru

² apripadchev@mail.ru

³ gorbynovaleks@mail.ru

⁴ reidkirill@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в зоне распыления сельскохозяйственных удобрений, жидкостей повышает качество урожая и автоматизирует сам процесс проведения работ в целом. Плюсы в использовании БПЛА для опрыскивания – точность внесения вещества, оперативность, экономия человеческих ресурсов и возможность применения ультратонкочастотного опрыскивания. Размер капель при таком способе внесения значительно меньше, чем при наземном, а при соблюдении технологии увеличивается точность внесения химических веществ и уменьшается их расход. В работе рассмотрена проблема воронкообразования (вихревых потоков) жидкости в резервуарах БПЛА, указаны причины возникновения и отрицательные стороны данного явления. При истечении жидкости из резервуаров через донные отверстия (особенно при малых напорах) над отверстиями возникают воронки, создаваемые вращением жидкости вокруг оси, проходящей через центр донного отверстия. Часто воздушное ядро воронки пронизывает всю толщину жидкости, проникая в донное отверстие (интенсивная воронка), при этом уменьшается рабочая площадь отверстия и снижается его пропускная способность.

Методология. Для исследования этого явления проведено симуляционное моделирование течения жидкости в Fluent программе, проанализировано большинство случаев (более 20 случаев) возникновения пагубного влияния при различной конструкции резервуара, а также при различных скоростях течения жидкости в резервуаре БПЛА. Были получены результаты, и образование воронки у донного отверстия было доказано.

Результаты. Для решения этой проблемы были использованы плавающие щиты, которые устанавливаются у донного отверстия резервуара БПЛА сельскохозяйственного назначения, и тем самым гасят воронку жидкости. Проведены необходимые исследования в этой области. Достоинством обработки сельскохозяйственных полигонов БПЛА является то, что не уничтожаются (не приминаются) посевы, как при опрыскивании наземной техникой.

Заключение. Решение проблемы воронкообразования жидкости в резервуаре поможет повысить качество распыления химических веществ беспилотным летательным аппаратом, а также позволит повысить эффективность работы комплекса.

Ключевые слова: резервуар, воронкообразование, внедрение, плавающий щит, донное отверстие

Для цитирования: Магдин А.Г., Припадчев А.Д., Горбунов А.А., Барановский К.В. Разработка компьютерной модели воронкообразования жидкости в резервуаре БПЛА сельскохозяйственного назначения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2023. Т15, № 4, С.146-151 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.35.30.020>



Original article

**DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL OF LIQUID FUNNELING
IN AN AGRICULTURAL UAV TANK**Alexander G. Magdin¹, Alexey D. Pripadchev², Alexander A. Gorbunov³, Kirill V. Baranovsky⁴✉,^{1,2,3,4} Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., Orenburg, Russia¹magdin.sasha@yandex.ru²apripadchev@mail.ru³gorbynovaleks@mail.ru⁴reidkirill@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The use of unmanned aerial vehicles in the area of spraying agricultural fertilizers, liquids improves the quality of the crop, and automates the process of work as a whole. The advantages of using UAVs for spraying are the accuracy of substance control, efficiency, saving human resources and the possibility of using ultra-low-volume spraying. The droplet size with this method of regulation is significantly smaller than with the ground mode, and if the technology is followed, the accuracy of changing chemicals increases and their consumption decreases. When considering the problem of the formation of funnel formation (vortex flows) of liquid in UAV tanks, the causes of occurrence, as well as the negative aspects of this phenomenon in work, are taken into account. When liquid flows from reservoirs through the bottom holes (especially at low pressures), funnels appear above the holes, created by the rotation of the liquid around an axis passing through the center of the bottom hole. Often the air core of the funnel penetrates the entire thickness of the liquid, penetrating into the bottom hole (intensive funnel), thereby reducing the working area of the hole and reducing its throughput.

Methodology. To determine this phenomenon, a simulation of fluid flow was carried out in the Fluent program (more than 20 cases), and most cases of the occurrence of detrimental effects were analyzed for different tank designs, as well as for different fluid flow rates in the UAV tank. The results were obtained, and the formation of a crater at the bottom hole was proven.

Results. To solve this problem, floating shields were used, which are installed at the bottom of the tank of an agricultural UAV, and thereby extinguish the liquid funnel. The necessary research has been carried out in this area. The advantage of processing agricultural landfills with UAVs is that the crops are not destroyed (not used), as when spraying with ground equipment.

Conclusion. Solving the problem of funnel formation of liquid in the tank will help improve the quality of spraying chemicals by an unmanned aerial vehicle, and will also improve the efficiency of the complex.

Key words: reservoir, heating, introduction, floating shield, born hole

For citation: Magdin A.G., Pripadchev A.D., Gorbunov A.A., Baranovsky K.V. Development of a computer model of liquid funneling in an agricultural UAV tank // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023, 15, № 4, P. 146-151 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.35.30.020>

Введение

Обработка сельскохозяйственных полигонов имеет множество особенностей внесения жидких удобрений. На качество урожая влияет большое количество факторов, включающих в себя способ доставки, вид летательного аппарата, метеорологические условия, способы внесения и прочее [1]. С применением сельскохозяйственных БПЛА процесс обработки полигонов становится более технологичным, выходя на новый уровень высокой производительности и результативности [5].

Беспилотные летательные аппараты в сельском хозяйстве – это не только картографирование, сбор информации об использовании посевных площадей и мониторинг развития, роста и состояния агрокультуры. Сегодня «беспилотниками» опрыскивают растения и вносят удобрения. Плюсы в использовании БПЛА для опрыскивания – точность внесения вещества, оперативность, экономия человеческих ресурсов и возможность применения ультрамалообъемного опрыскивания [5]. Размер капель при таком способе внесения

значительно мельче, чем при наземном, а при соблюдении технологии увеличивается точность внесения химических веществ и уменьшается их расход. Точное соблюдение траектории полёта обеспечивается за счёт навигационного оборудования. Достоинством обработки сельскохозяйственных полигонов БПЛА является то, что не уничтожаются (не приминаются) посевы, как при опрыскивании наземной техникой.

Влияние воронкообразования на истечение жидкостей из донных отверстий

При истечении жидкости из резервуаров через донные отверстия (особенно при малых напорах) над отверстиями возникают воронки, создаваемые вращением жидкости вокруг оси, проходящей через центр донного отверстия. Часто воздушное ядро воронки пронизывает всю толщину жидкости, проникая в донное отверстие (интенсивная воронка), при этом уменьшается рабочая площадь отверстия и снижается его пропускная способность [4].

Материалы и методы исследования

Воронкообразование происходит за счет Ко-



риолисовой силы, для борьбы с ней необходимо уменьшить выходное отверстие, тогда действие силы на процесс будет пренебрежимо мало. Для подтверждения была разработана модель резервуара с четырьмя донными отверстиями, проведена симуляция гидродинамики модели на наличие воронкообразования в донных отверстиях разного диаметра; модель показала наличие уменьшения воронки с уменьшением диаметра донного отверстия. На рисунке 1 показан результат симуляции модели с целью выявления воронкообразования жидкости в резервуаре [6].

Тем самым был подтвержден факт зависимости действия Кориолисовой силы от диаметра донного отверстия.

Однако уменьшение диаметра нецелесообраз-

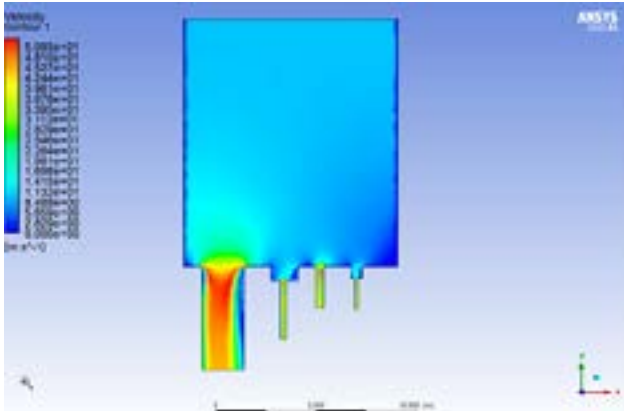


Рис. 1 – Модель воронкообразования в донных отверстиях разного диаметра
Fig. 1 – Model of funnel formation in bottom holes of different diameters

Расход жидкости через отверстия определяется коэффициентом расхода, площадью сечения, и напором. Коэффициент расхода μ при отсутствии воронки равен 0,62, а с её появлением резко уменьшается [6].

$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент расхода;
 ω – площадь отверстия;
 H – напор над центром донного отверстия;
 g – ускорение свободного падения.

Величина коэффициента расхода зависит от критериев газо- и гидродинамики:

$$\mu = f(F_{ZH}; R_{eH}; \omega_{eH}; \Gamma_{np}; R_{\#}), \quad (2)$$

где F_{ZH} – газо- и гидродинамический критерий Фруде;

R_{eH} – газо- и гидродинамический критерий Числа Рейнольдса;

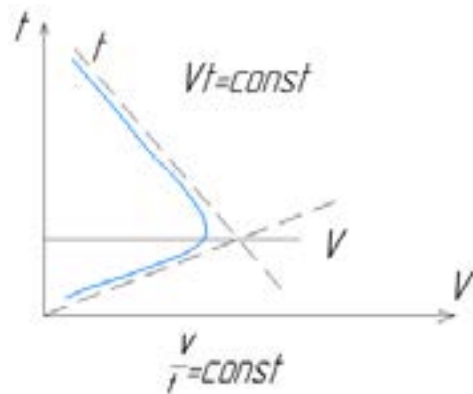
ω_{eH} – газо- и гидродинамический критерий Ведера;

Γ_{np} – газо- и гидродинамический критерий приведённой циркуляции;

но из-за уменьшения потока жидкости и к тому же полностью не исключает воронкообразования.

Причина возникновения вихревых воронок – это искусственно вызванный момент вращения, или действия вихревых шнуров, возникающих в потоках местного сопротивления с корпусом ёмкости жидких химических веществ [6].

Характер движения вблизи донного отверстия определяется моментом вращения и силами трения. Не вязкая жидкость движется по законам динамического вращения. При очень большой вязкости жидкость вращалась бы аналогично твердому телу. На рисунке 2 показана схема движения жидкости большой вязкости – аналогично твердому телу.



V – скорость течения жидкости;
 t – время истечения

Рис. 2 – Схема движения жидкости большой вязкости аналогично твердому телу,
Fig. 2 – Flow diagram of a high-viscosity liquid similar to a solid

$R_{\#}$ – газо- и гидродинамический критерий относительного радиуса закручивания.

Рассмотрим каждый критерий:

– газо- и гидродинамический критерий Фруде определяется, как: (3)

$$F_{ZH} = \frac{H}{d},$$

где H – напор над центром донного отверстия;
 d – диаметр донного отверстия.

– газо- и гидродинамический критерий Числа Рейнольдса определяется, как:

$$R_{eH} = \frac{\omega \sqrt{2gH}}{\vartheta}, \quad (4)$$

где ϑ – кинематическая вязкость;
 d – диаметр донного отверстия;
 g – ускорение свободного падения;
 H – напор над центром донного отверстия.

– газо- и гидродинамический критерий Ведера определяется, как:

$$\omega_{eH} = \frac{2gHd\rho}{\sigma}, \quad (5)$$



где g – ускорение свободного падения;
 H – напор над центром донного отверстия;
 d – диаметр донного отверстия;
 σ – поверхностное натяжение капли;
 ρ – плотность жидкости.

– газо- и гидродинамический критерий относительного радиуса закручивания определяется, как:

$$R_{\#} = \frac{R}{d} \quad (6)$$

где d – диаметр донного отверстия;
 R – радиус закручивания.

При определенных значениях критериев течение становится автомодельным, а именно при:

$$F_{ZH} = \frac{H}{d} \geq 2,5,$$

$$R_{eff} = \frac{d\sqrt{2gH}}{\theta} > 30000,$$

$$\omega_{eff} = \frac{2gHd\rho}{\sigma} > 250.$$

В этом случае коэффициент расхода определяется по формуле:

$$\mu = 0,795 - 0,256 \cdot E, \quad (7)$$

$$E = \frac{v}{\sqrt{gH}} \cdot \left(\frac{d}{R} + 4 \cdot \frac{R}{d} \right), \quad (8)$$

С увеличением скорости происходит прорыв воздушного ядра воронки в сливное отверстие.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате моделирования процесса воронкообразования выяснилось основное его отрицательное воздействие, оно заключается в том, что воронка уменьшает пропускную способность слива, а следовательно при установившемся производственном полёте БПЛА во время обработки полигонов снижается качество опыления, что непосредственно влияет на урожайность.

Для гашения воронок предлагаем применять плавающие щиты. На рисунке 3 показана схема применения щита для гашения воронок.

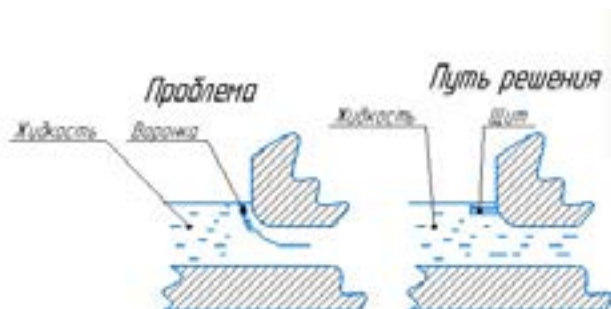


Рис. 3 – Установка плавающего щита, для гашения воронкообразования в жидкости
 Fig. 3 – Installation of a floating shield for quenching funnel formation in a liquid

Для исследования течения жидкости в корпусе разработана 3D модель корпуса, включающего в себя два входа жидкости и одного выхода жидко-

сти под корпусом. На рисунках 4,5 и 6 показаны результаты симуляции течения жидкости в корпусе.

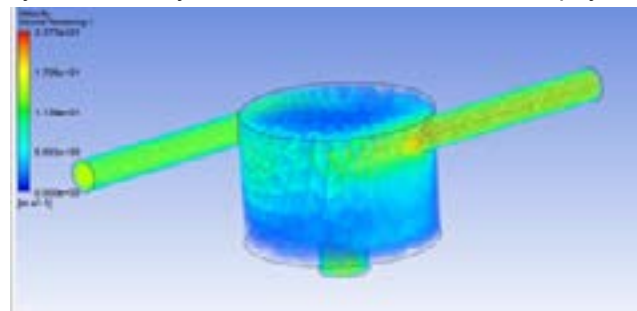


Рис. 4 – Течение жидкости в корпусе, воронкообразование снизу
 Fig. 4 – Fluid flow in the housing, funnel formation from below

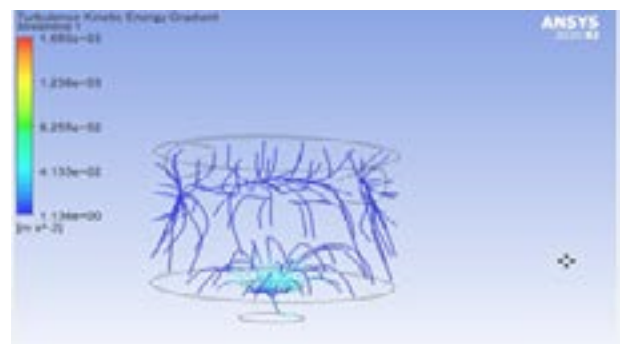


Рис. 5 – Изображение линий турбулентности кинетической энергии
 Fig. 5 – Image of kinetic energy turbulence lines

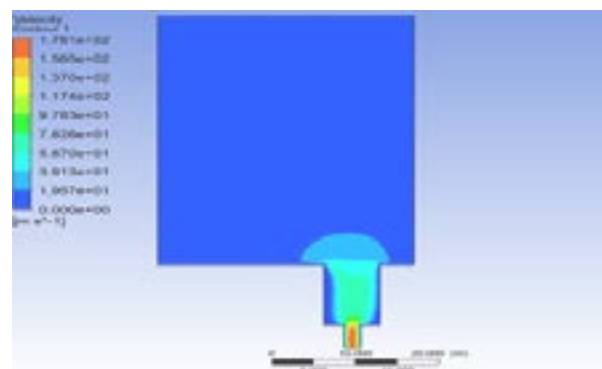


Рис. 6 – Воронкообразование в резервуаре БПЛА при тчении жидкости к форсункам
 Fig. 6 – Funnel formation in the UAV tank during the flow of liquid to the nozzles

Результаты моделирования подтверждают предположения о том, что воронкообразование у выходного отверстия снижает скорость истечения жидкости, и препятствуют пропускной способности.

Устранение воронкообразования жидкости в резервуаре БПЛА

сельскохозяйственного назначения

В БПЛА сельскохозяйственного (СХ) назначения существует множество настраиваемых технических параметров для полетных заданий, к кото-

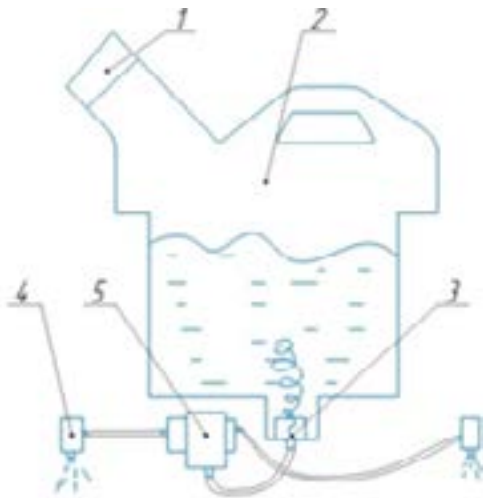


рым относятся:

- высота полета (м),
- ширина захвата (м),
- скорость полета (м/с),
- норма расхода жидкости на гектар (л),
- плотность тумана с качественно-количественным дисперсионным распылом (мкм),
- угол атаки факельного распыла (градус),
- оптимизация маршрута (%).

Грамотное соблюдение каждого из технических параметров позволяет эффективно использовать БПЛА для задач сельского хозяйства.

Рассмотрим простейшую схему узла системы распыления, предназначенной для обработки сельскохозяйственных полигонов. На рисунке 7 представлена схема узла системы распыления.



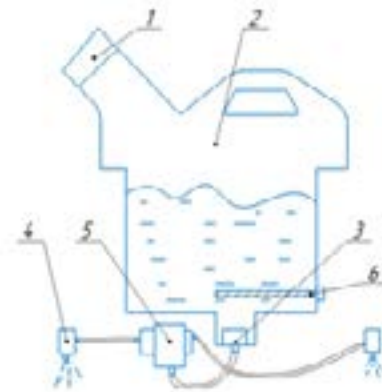
1 – заливная горловина; 2 – резервуар; 3 – выходное отверстие;
4 – форсунка; 5 – водяной насос

Рис. 7 – Схема узла системы распыления
Fig. 7 – Diagram of the spraying system node

На водяной насос начинает поступать жидкость (жидкие химические вещества) с большим содержанием пузырьков воздуха, что приводит к уменьшению расхода жидкости на установленную площадь, то есть вихревой поток уменьшает пропускную способность слива жидкости дальше по системе труб к насосам.

Для устранения явления воронкообразования можно применить плавающие щиты в резервуаре бака агродрона. Это позволит снизить вихревой поток, а соответственно, позволит увеличить пропускную способность подачи жидкости к водяному насосу. На рисунке 8 показана схема системы распыления с установкой щита (поз. 6).

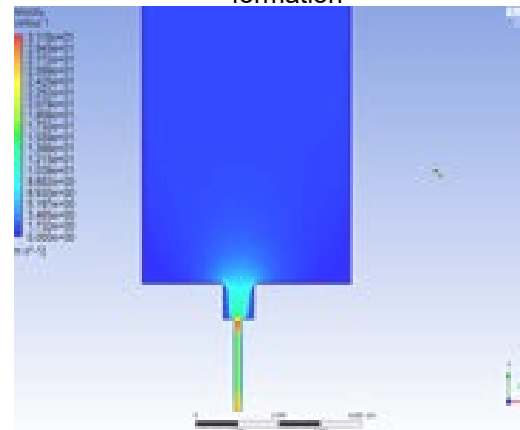
Разработаны модели резервуара при одинаковых исходных параметрах симуляции (геометрические размеры сечения, скорость течения, диаметр донного отверстия). Проведено сравнение результатов симуляции течения жидкости через донные отверстия. В первом случае модель не имеет плавающего щита, во втором – имеет плавающий щит. На рисунке 9 показан результат гидродинамического моделирования истечения жидкости из донного отверстия [3].



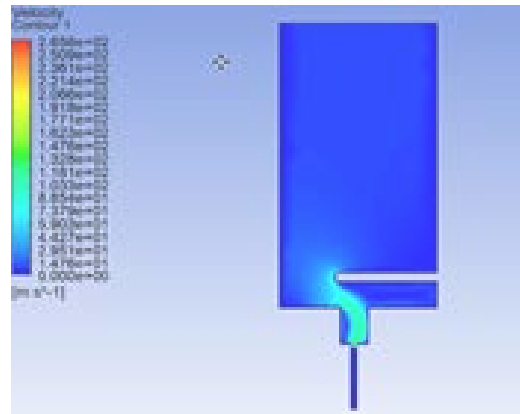
1 – Заливная горловина; 2 – резервуар; 3 – донное отверстие; 4 – форсунка;

5 – насос давления; 6 – плавающий щит

Рис. 8 – Использование плавающего щита для борьбы с воронкообразованием
Fig. 8 – Using a floating shield to combat funnel formation



а



б

а – без плавающего щита; б – с применением плавающего щита

Рис. 9 – Результат гидродинамического моделирования истечения жидкости из донного отверстия
Fig. 9 – The result of hydrodynamic modeling of fluid outflow from the bottom hole

На основании этих результатов можно сказать, что плавающий щит служит средством борьбы с воронкой – при гашении воронки поток жидкости становится более стабилизированным и ламинарным, что и позволяет не снижать расход истечения жидкости из резервуара, соблюдая нормы распы-



ления жидких химических веществ; увеличивается эффективность применения БПЛА для обработки сельскохозяйственных полигонов [2].

Заключение

В ходе работы был предложен способ гашения воронкообразования жидкости в резервуаре БПЛА сельскохозяйственного назначения.

Использование плавающих щитов обеспечит более стабильное течение жидкости через донные отверстия резервуара БПЛА, что повлияет на пропускную способность жидкости для распыления дальше по трубопроводу аппарата. На основе моделирования ситуаций течения жидкости были сделаны выводы о том, что для борьбы с Кориолисовой силой одно лишь уменьшение диаметра донного отверстия не исключит вредного влияния воронкообразования жидкости, и не является целесообразным использование такого способа гашения воронки. Более рациональным методом по результатам моделирования является использование плавающих щитов над донным отверстием резервуара БПЛА сельскохозяйственного назначения.

Список источников

1.Зубарев Ю. Н., Фомин Д. С., Чашин А. Н., За-

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1.Zubarev YU. N., Fomin D. S., Chashchin A. N., Zabolotov M. V. *Ispol'zovanie bespilotnykh letatel'nykh apparatov v sel'skom hozyajstve // Vestnik PFIC. 2019. № 2. 47–51.*

2.Ermolaeva I. L., Kornilov V.I., Chistyakova E.I. *Zashchita rastenij ot vreditel'ej. // Respublika Bashkortostan, g Ufa, 2017 g. – 148 s.*

3.Harinova YU. YU. *Metodika prognozirovaniya kachestve izgotovleniya stekloplastikovykh obolochek metodom namotki // Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Izhevskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni M.T. Kalashnikova», 2017. – 195 s.*

4.Ma'chikov N.O., Piskorskaya S.YU. *Prodvizhenie bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlya nuzhd sel'skogo hozyajstva// Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavтики. 2019.*

5.Habarina D.S, Tishaninov I.A. *Analiz primeneniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov (BPLA) razlichnogo tipa v sel'skom hozyajstve // Nauka bez granic. 2021. №4 (56).*

6.Polikovskij V.I., Perel'man R.G. *Voronkoobrazovanie v zhidkosti s otkrytoj poverhnost'yu.– M.:Gosenergoizdat,1959.–190s.*

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

Александр Геннадьевич Магдин, канд. техн. наук, доцент, Оренбургский государственный университет, пр. Победы 13, г. Оренбург, Россия, magdin.sasha@yandex.ru

Алексей Дмитриевич Припадчев, д-р техн. наук, профессор, Оренбургский государственный университет, пр. Победы 13, г. Оренбург, Россия, apripadchev@mail.ru

Александр Алексеевич Горбунов, канд. техн. наук, доцент, Оренбургский государственный университет, пр. Победы 13, г. Оренбург, Россия, gorbunovaleks@mail.ru

Кирилл Владислаович Барановский, студент, Оренбургский государственный университет, пр. Победы 13, г. Оренбург, Россия, reidkirill@mail.ru

Author information

Alexander G. Magdin, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Orenburg State University, Pobedy Ave. 13, Orenburg, Russia, magdin.sasha@yandex.ru

Alexey D. Pripadchev, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Orenburg State University, Pobeda Ave. 13, Orenburg, Russia, apripadchev@mail.ru

Alexander A. Gorbunov, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Orenburg State University, Pobedy Ave. 13, Orenburg, Russia, gorbunovaleks@mail.ru

Kirill V. Baranovsky, student, Orenburg State University, Pobedy Ave. 13, Orenburg, Russia, reidkirill@mail.ru

Статья поступила в редакцию 02.10.2023; одобрена после рецензирования 26.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 02.10.2023; approved after reviewing 26.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №4, с. 152-157
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №4, pp 152-157

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.367
DOI: 10.36508/RSATU.2023.25.37.021

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ХРАНЕНИЯ КОРМОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ
В ГЕРМЕТИЧНЫХ РУКАВАХ**

Рембалович Георгий Константинович^{1✉}, **Костенко Михаил Юрьевич**², **Безносюк Роман Владимирович**³, **Чернышев Алексей Дмитриевич**⁴, **Мартышов Алексей Игоревич**⁵

^{1,2,3,4,5} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹ rgk.rgatu@yandex.ru

² kostenko.mihail2016@yandex.ru

³ romario345830@yandex.ru

⁴ a777aa62@yandex.ru

⁵ aleksei.martyshov@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Ежегодно в Российской Федерации заготавливается более 100 млн тонн кормов. Общеизвестно, что значительная часть этого объема – по разным данным от 15 до 40 % – в процессе хранения существенно теряет в качестве, портится и утилизируется. Существует целый ряд методов, обеспечивающих снижение потерь кормов при хранении, и одним из них является хранение в регулируемой газовой среде. Цель – предлагаемая технология повышения качества кормов и сельскохозяйственной продукции при хранении в герметичных рукавах.

Методология. Рукава позволяют организовать дифференцированное хранение кормов и зерна разной влажности и качества. Герметичное хранение позволяет отслеживать динамику изменения качества заложенной в рукава продукции. Для оценки влияния газовой среды на корма и их компоненты был заложен эксперимент. В герметичные контейнеры с клапаном упаковали корма и сельскохозяйственную продукцию и заполняли газовой средой. Заполнение контейнеров осуществляли без предварительного вакуумирования.

Результаты. Диагностика газовой среды показала, что в герметичных контейнерах с повышенной влажностью снизилось содержание кислорода, увеличилось содержание углекислого газа, наблюдались пары спирта, и существенно уменьшился объем газовой среды. Таким образом, при интенсивных биохимических процессах происходит изменение газовой среды как по составу, так и по объему. Выбор газовой среды зависит от типа зерна, его состояния и требуемого срока хранения.

Заключение. Важной составляющей предлагаемой технологии хранения продуктов в рукавах, наравне с мониторингом, является регулирование газовой среды в полимерном рукаве. Как показывает производственный опыт, здесь важной является не только подача углекислого газа, но и выравнивание давления за счет подаваемой газовой среды снаружи и внутри рукава с тем, чтобы иметь рациональный баланс (соотношение) давления.

Ключевые слова: корма, газовая среда, рукава, герметичная упаковка

Для цитирования: Рембалович Г. К., Костенко М. Ю., Безносюк Р. В., Чернышев А. Д., Мартышов А. И. Повышение качества хранения кормов и сельскохозяйственной продукции в герметичных рукавах // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №4. С 152-157 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.25.37.021>

Original article

**IMPROVING THE QUALITY OF STORAGE OF FEED AND AGRICULTURAL PRODUCTS
IN HERMETIC SLEEVES**



Rembalovich Georgy K.¹✉, Kostenko Mikhail Yu.², Beznosyuk Roman V.³, Chernyshev Alexey D.⁴, Martyshov Alexey I.⁵

^{1,2,3,4,5} Ryazan State Agricultural Technology University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

¹ rgk.rgatu@yandex.ru

² kosteenko.mihail2016@yandex.ru

³ romario345830@yandex.ru

⁴ a777aa62@yandex.ru

⁵ aleksei.martyshov@mail.ru

Annotation.

Problem and purpose. More than 100 million tons of feed are harvested annually in the Russian Federation. It is well known that a significant part of this volume - according to various sources, from 15 to 40 % - in the process of storage significantly loses in quality, spoils and disperses. There are a number of methods that ensure reducing the loss of feed during storage, and one of them is storage in an adjustable gas environment. The goal is to improve the quality of feed and agricultural products during storage in sealed sleeves.

Methodology. Sleeves allow you to organize differentiated storage of feed and grain of various humidity and quality. Hardy storage allow you to track the dynamics of the quality of the products embedded in the sleeves. To assess the influence of the gas environment on the feed and their components, an experiment was laid. In sealed containers with a valve packed food and agricultural products and filled with a gas medium. Filling containers was carried out without preliminary vacuuming.

Results. The diagnosis of the gas environment showed that the content of oxygen decreased in hermetic containers with increased humidity, the content of carbon dioxide increased, alcohol vapors were observed, and the volume of the gas medium decreased significantly. Thus, with intense biochemical processes, a gas environment changes both in composition and volume. The choice of a gas environment depends on the type of grain, its condition and the required shelf life.

Conclusion. An important component of the proposed technology for storing products in the sleeves, along with monitoring, is the regulation of a gas medium in a polymer sleeve. As production experience shows, it is important not only the supply of carbon dioxide, but also the leveling of pressure due to the gas medium supplied from the outside and inside the sleeve in order to have a rational balance (ratio) of pressure.

Key words: feed, gas environment, sleeves, sealed packaging

For citation: Rembalovich G.K., Kostenko M. Yu., Beznosyuk R. B., Chernyshev A. D., Martyshov A.I. Improving the quality of storage of feed and agricultural products in hermetic sleeves // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023, T.15, N.4, P. 152-157 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.25.37.021>

Введение

Актуальность проблемы сохранности кормов в животноводстве не вызывает сомнений. Ежегодно в Российской Федерации заготавливается более 100 млн тонн кормов. Общеизвестно, что значительная часть этого объема – по разным данным от 15 до 40 % – в процессе хранения существенно теряет в качестве, портится и утилизируется. Существует целый ряд методов, обеспечивающих снижение потерь кормов при хранении, и одним из них является хранение в регулируемой газовой среде [1]. Основным преимуществом данного метода является возможность контроля условий хранения и при необходимости их корректировка за счет своевременного изменения состава среды, в которой находятся корма. В то же время данный метод сегодня имеет и ряд существенных недостатков, к которым традиционно относят высокую себестоимость хранения, а также техническую и технологическую сложность решений, которые не всегда можно внедрить и эффективно применять в конкретных производственных условиях.

Современные полимерные материалы и емкости для хранения, изготовленные с их применением: мягкие контейнеры различного объема с герметичными вкладышами, полимерные пленки

и рукава из них, стрейч-пленки, скотчи для восстановления герметичности при повреждениях пленки и др. – сегодня являются доступными и эффективными решениями и могут широко применяться, в том числе для хранения различных кормов. Герметичность современных полимерных емкостей обеспечивает возможность создания регулируемой газовой среды, поэтому в настоящее время в России и в мире активно ведутся исследования и внедряются новые технологии, позволяющие обеспечить сохранность кормов и снизить себестоимость хранения с применением этого метода.

В последние годы в стране активно распространяется пришедший в Европу из Южной Америки, в частности, из Аргентины, способ хранения зерна в мягких полимерных герметичных рукавах. В 2022 году в России из-за высокого урожая и снижения объемов экспорта резко увеличились объемы хранения зерновых, в частности, пшеницы. Эта тенденция продолжилась и в текущем году. В результате перед сельхозтоваропроизводителями встала проблема нехватки площадей под хранение. Одним из её решений, которое начали применять хозяйства, и является хранение зерна в полимерных рукавах. Особенно данная технология актуальна для кормового зерна. Цель – повы-



шение качества кормов и сельскохозяйственной продукции при хранении в герметичных рукавах.

Зерно укладывается в герметичные рукава, например, длиной около 50 метров и вместимостью 200 тонн каждый, которые располагаются непосредственно в поле. Технология практически не требует капитальных затрат, но характеризуется высокими потерями при хранении, во многом из-за невозможности обеспечить стабильность условий. При соблюдении технологии хранения продуктов в герметичных рукавах обеспечивается высокое качество. При необходимости в 8-10 местах рукава с помощью трубчатого пробоотборника берут пробы для оценки качества хранимого продукта [2,3].

Материалы и методы исследования

Хранение кормов в рукавах обеспечивает ряд преимуществ, таких как эффективное использование пространства, защита от влаги и вредителей. Однако, для обеспечения высокого качества хранения необходимо соблюдать ряд условий:

1) высокое качество исходного продукта для хранения, прежде всего отсутствие сорных примесей и низкая влажность;

2) правильное размещение на ровной площадке с уклоном для отвода осадков в дождливый период;

3) рукава должны быть плотно закрыты и герметизированы, чтобы предотвратить проникновение влаги и воздуха. В процессе загрузки следует контролировать заполнение рукавов, не допускать порезов или отверстий, нарушающих герметичность, а также предотвращать порчу рукавов путем контроля популяций грызунов и птиц;

4) регулярный контроль состояния корма – сле-

дует периодически проверять состояние корма, чтобы убедиться в отсутствии признаков порчи;

5) соблюдение сроков хранения – каждый вид корма имеет свой срок хранения, и важно его соблюдать, чтобы обеспечить высокое качество корма;

6) возможность хранения любых зерновых, бобовых и масличных культур: пшеницы, ячменя, гороха, сои, подсолнечника, рапса, риса, кукурузы и продуктов них основе.

Рукава позволяют организовать дифференцированное хранение кормов и зерна разной влажности и качества. Герметичное хранение позволяет отслеживать динамику изменения качества заложенной в рукава продукции.

Для оценки влияния газовой среды на корма и их компоненты был заложен эксперимент. В герметичные контейнеры с застёжкой и клапаном упаковали пробы, около 5 кг, и заполнили газом. Заполнение контейнеров осуществляли без предварительного вакуумирования, с продувкой (избыточным количеством газа). В качестве газовой среды использовали углекислый газ и смесь углекислого газа и азота в пропорции 50/50. Еще одну пробу заложили следующим образом: в герметичный контейнер с газовой смесью углекислого газа и азота в пропорции 50/50 дополнительно вливали 50г воды. Пробы хранили 6 месяцев, с диагностикой газовой среды анализом проб через 3 месяца и 6 месяцев.

Все пробы, находящиеся в герметичных контейнерах, хранились при одинаковых условиях (температура $20 \pm 5^\circ \text{C}$). Пробы, находящиеся в герметичных контейнерах, изображены на рисунке 1



1 – упаковка продукта в газовой среде; 2 – хранение продукта в газовой среде; 3 – анализ состояния газовой среды в контейнере; 4 – пробы для анализа в лаборатории

Рис. 1 – Исследования хранения кормов в газовой среде

1 - product packaging in the gas environment; 2 - product management in the gas environment; 3 - analysis of the state of the gas environment in the container; 4 - Analysis samples in the laboratory

Fig. 1 – Studies of storage of feed in the gas environment



Результаты исследований и их обсуждение

После хранения пробы продуктов отправлены в ГБУ РО «Рязанская областная ветеринарная лаборатория» на следующие исследования: показатели качества, физико-химические показатели, микробиологические показатели, показатели безопасности [3].

Диагностика газовой среды показала, что в герметичных контейнерах с повышенной влажностью снизилось содержание кислорода, увеличилось содержание углекислого газа, наблюдались пары спирта, и существенно уменьшился объем газовой среды. Таким образом, при интенсивных биохимических процессах происходит изменение газовой среды как по составу, так и по объему. Так как начальная влажность была ниже 14 %, то содержание питательных веществ изменилось в пределах погрешности, в то же время увеличилось кислотное и перекисное число жиров, находящихся в продуктах, особенно при существенном увеличении содержания углекислого газа. Высокое кислотное число означает, что в продукте или материале содержится большое количество свободных жирных кислот. Высокое кислотное число может привести к ряду проблем, таких как неприятный вкус, снижение срока годности и изменение текстуры продукта. В некоторых случаях это может также указывать на наличие бактерий и плесени, что делает продукт небезопасным для потребления.

Перекисное число является показателем степени окисления липидов, то есть наличия в них продуктов перекисного окисления. Повышение перекисного числа может свидетельствовать о наличии свободных радикалов, которые могут быть вредными для организма и приводить к развитию различных заболеваний. Кроме того, высокий уровень перекисей может ухудшить вкус, запах и цвет продукта, а также снизить его питательную ценность.

Микробиологические показатели продуктов не обнаружили бактерий рода сальмонелла, токсинообразующих анаэробов, энтеропатогенных типов кишечной палочки, в то же время общая токсичность при промежуточной диагностике (3 месяца хранения) показала не токсичность; на конец хранения (6 месяцев хранения) показала слабую токсичность (выживаемость на водном экстракте).

Анализ результатов исследования проб продуктов после хранения показал различную сохранность после хранения в зависимости от культур, исходного состояния, влажности и состава газовой среды. Наибольшую сохранность в газовой среде показали соя и подсолнечник. Для пшеницы, кукурузы, ячменя, гороха, комбикорма избыточное количество углекислого газа привело к повышению кислотного и перекисного числа. В то же время при увеличении влажности кислотное и перекисное числа имеют более низкие значения. Это свидетельствует о том, что увеличение концентрации углекислого газа необходимо при хранении продуктов повышенной влажности.

Выбор газовой среды зависит от типа зерна, его состояния и требуемого срока хранения. В га-

зовой среде лучше всего хранятся те виды зерна, которые требовательны к условиям хранения и имеют более длительный срок хранения.

Известные исследования, описанные в литературе, а также проведенное нами лабораторное изучение проблематики показывает, что, если в рукаве изначально присутствует избыточная влажность, или имеются повреждения оболочки, то возникают интенсивные процессы дыхания зерна.

При загрузке влажного и плохо очищенного зерна возникают интенсивные процессы дыхания, развития микроорганизмов, которые ведут к интенсивному образованию углекислого газа – до 20 % и более, уменьшению содержания кислорода до менее 1 %. При приготовлении кормов высокой влажности (40 % и более) процессы в герметичной упаковке идут более интенсивно. При хранении сенажа в стрейч-пленке в течение 10 дней процентное соотношение кислорода не превышало значения 0,24 %, а значение углекислого газа было в пределах более 10,7 %. Концентрация паров спирта существенно снижается и на 10-й день стремится к нулю. В процессе брожения существенно изменялось давление газовой среды, в первые дни наблюдались пузыри между слоями стрейч-пленки, а на 10-й день – плотное облевание рулона. В результате происходит уменьшение объема газов внутри рукава, что вызывает разрежение внутри герметичной упаковки.

Общезвестно, что в условиях достаточного количества кислорода глюкоза разлагается на воду и углекислый газ, а при недостатке кислорода – на спирт и углекислый газ, и в дальнейшем образуются ароматические вещества, имеющие характерный кислый неприятный запах. Животные плохо поедают такой корм, он им вреден.

Ещё одной особенностью является то, что при интенсивных процессах дыхания происходит уменьшение давления внутри герметичных емкостей (в сравнении с атмосферным), а вот в процессе брожения давление в газовой среде избыточное. В дальнейшем, когда процесс брожения практически завершён, наблюдается падение давления, в результате чего рукав уплотняется и сжимается.

С одной стороны, это хорошо, т.к. приводит к естественному уплотнению кормов, но, с другой стороны, снижение давления внутри рулона создает определенные риски при наличии механических повреждений оболочки. Разрежение давления в разгерметизированной ёмкости приводит к поступлению больших объемов воздуха, и этот процесс может быть неуправляемым. Поэтому важно стабилизировать давление в герметичной упаковке добавлением необходимой газовой среды, соблюдая соотношение углекислого газа и азота.

При использовании технологии хранения кормов в рукавах желательно предусматривать специальные клапаны, которые будут при избытке давления сбрасывать лишнее, а при недостатке давления обеспечивать подачу газовой смеси с



автоматическим регулированием её концентрации до рационального значения.

Избыток углекислого газа приводит к окислению продуктов в герметичной упаковке. Поэтому при упаковке продуктов необходимо контролировать уровень углекислого газа и разбавлять или частично вытеснять азотом в упаковке. Следует отметить, что наибольшая растворимость углекислого газа в жирах соответствует температуре – 80 С. И поэтому качество продукта может снижаться даже при хранении при отрицательных температурах.

На сегодняшний день таких готовых решений применительно к хранению кормов в рукавах нет. Наиболее близким техническим решением являются специальные клапаны, которые позволяют брать пробы, проводить анализы и т.д. без нарушения целостности оболочки. В производственных условиях зачастую используют просто прокол, который после взятия пробы заклеивается специальным скотчем. Но прокол всегда связан с механическим повреждением оболочки, что в неблагоприятных условиях приводит к интенсивному поступлению окружающего воздуха, росту содержания кислорода внутри оболочки и дальнейшей порче кормов.

При проведении исследований рукава заполняли газовой смесью азота с определенной концентрацией углекислого газа. Уже в первый день хранения концентрация углекислого газа выше 5 % способствовала значительному уменьшению дыхания зерна и, следовательно, вредных процессов окисления. Таким образом, первоначального роста давления на опытах с зерном не наблюдалось.

Ещё одним важным фактором, указывающим на рациональность применения мониторинга газовой среды, является простая и понятная диагностика целостности оболочки рукава при механических повреждениях. Из нашего производственного опыта известно, что при наличии механических отверстий диаметром 50 мм в рукаве (условно – «прогрызли мыши») концентрация углекислого газа падает с 3-5 % до 0,6 %. Таким образом, даже небольшое отверстие в рукаве приводит к существенному изменению состава газовой среды, что легко диагностируется при мониторинге.

Предлагаемое техническое решение – создание системы мониторинга состояния газовой среды с помощью клапанов и датчиков, и при необходимости восполнение недостатка давления с помощью специальных газовых сред рационального состава, включающих углекислый газ и азот определенной концентрации. Следует отметить, что избыток углекислого газа также негативно влияет на состояние кормов, интенсифицируя процессы окисления. Например, промышленность для пищевой отрасли, в частности, для пивоварения, выпускает смеси, состоящие из азота и углекислого газа. Используя такие смеси, можно компен-

сировать падение давления в рукавах, тем самым стабилизировав корма в какой-то определенной стадии, чтобы обеспечить их сохранность и снизить негативное влияние повреждений целостности герметичной упаковки.

Примером технической реализации предлагаемой системы может быть комплект оборудования, который содержит датчики давления и состояния среды, которые позволяют оценить содержание компонентов газовой среды: углекислого газа, кислорода, при необходимости – азота (поскольку азот инертен, то исследования на нем пока не проводились). В состав комплекта помимо датчиков входят баллоны с углекислым газом, который предназначен для дозаправки.

Заключение

Важной составляющей предлагаемой технологии хранения продуктов в рукавах, наравне с мониторингом, является регулирование газовой среды в полимерном рукаве. Как показывает производственный опыт, здесь важной является не только подача углекислого газа, но и выравнивание давления за счет подаваемой газовой среды снаружи и внутри рукава с тем, чтобы иметь рациональный баланс (соотношение) давления. Данное соотношение обеспечивает стабильность газовой среды внутри контейнера (даже при отсутствии абсолютной герметичности). Использование системы мониторинга с возможностью регулирования среды в каждом рукаве с кормом ёмкостью до 200 т позволяет достаточно быстро и оперативно реагировать на возникающие вызовы. При наиболее неблагоприятных условиях возможно принятие решения о срочной реализации продукции или изменения способа её хранения. При локальных повреждениях оболочки в дополнение к предлагаемой системе мониторинга и регулирования газовой среды можно определять свойства и состояние корма традиционными методами.

Список источников

1. Влияние состава газовой среды на качественные и физико-химические показатели комбикорма / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, И. А. Мурог [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 189. – С. 164-173. – DOI 10.21515/1990-4665-189-018. – EDN RLEGQN.
2. Исследование способов хранения комбикормов / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносук [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 170. – С. 273-281. – DOI 10.21515/1990-4665-170-019. – EDN SSEQTS.
3. Спрятать в рукава. Преимущества и недостатки альтернативной технологии хранения зерна. Виктория Загоровская. / Текст: электронный // Агротехника и технологии - 12 июля 2019. URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/32061-spryatat-v-rukava/>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов



References

1. Vliyanie sostava gazovoy sredy na kachestvennye i fiziko-himicheskie pokazateli kombikorma / A. D. CHernyshev, M. YU. Kostenko, I. A. Murog [i dr.] // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 189. – S. 164-173. – DOI 10.21515/1990-4665-189-018. – EDN RLEGQN.

2. Issledovanie sposobov hraneniya kombikormov / A. D. CHernyshev, M. YU. Kostenko, R. V. Beznosyuk [i dr.] // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 170. – S. 273-281. – DOI 10.21515/1990-4665-170-019. – EDN CCEQTS.

3. Spryatat' v rukava. Preimushchestva i nedostatki al'ternativnoj tekhnologii hraneniya zerna. Viktoriya Zagorovskaya. / Tekst : elektronnyj // Agrotekhnika i tekhnologii - 12 iyulya 2019. URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/32061-spryatat-v-rukava/>

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

Рембалович Георгий Константинович, д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rgk.rgatu@yandex.ru

Костенко Михаил Юрьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kostenko.mihail2016@yandex.ru

Безносюк Роман Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, romario345830@yandex.ru

Чернышев Алексей Дмитриевич, соискатель кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия, aa777aa62@yandex.ru

Мартышов Алексей Игоревич, младший научный сотрудник, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Author Information

Rembalovich Georgy K., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, rgk.rgatu@yandex.ru

Kostenko Mikhail Yu., Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, kostenko.mihail2016@yandex.ru

Beznosyuk Roman V., Ph.D. Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, romario345830@yandex.ru

Chernyshev Alexey D., applicant for the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, aa777aa62@yandex.ru

Martyshov Alexey I., Junior Researcher, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva

Статья поступила в редакцию 11.10.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 11.10.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.37:629.032
DOI: 10.36508/RSATU.2023.67.54.022

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМИРУЕМОГО ГРУНТА НА УПРАВЛЯЕМОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ

Семынин Михаил Владимирович

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия

glamsonic@yandex.ru

Аннотация

Проблема и цель. Известно, что деформируемый грунт оказывает существенное влияние на характеристики сцепления колес с опорной поверхностью и приводит к ухудшению показателей управляемости и устойчивости автотранспорта. На сегодняшний день в научном сообществе недостаточно систематизированных эмпирических данных об особенностях влияния податливости опорной поверхности на динамические и траекторные характеристики транспортных средств различных классов. Цель - оценить особенности влияния деформируемых грунтов на управляемость и устойчивость грузовых автомобилей.

Методология. В работе реализован синергетический подход с применением взаимодополняющих методик: теоретический анализ силового взаимодействия шины и деформируемого грунта, натурный эксперимент на полигоне с варьируемыми характеристиками опорной поверхности, моделирование транспортной динамики, методы математической статистики для обработки и интерпретации полученных данных. Испытания проводились для трех типов автомобилей: заднеприводного, полноприводного и переднеприводного. Оценивались следующие показатели: радиус поворота, отклонение от траектории, амплитуда колебаний кузова. Кроме того, впервые исследована динамика вертикальных нагрузок на колеса при движении по неровностям грунта.

Результаты. Экспериментально установлено, что деформируемый грунт приводит к значительному ухудшению управляемости автомобилей всех типов. Наибольшее увеличение радиуса поворота (на 30-50%) наблюдается у заднеприводных автомобилей. Выявлено существенное влияние неровностей грунта на динамику вертикальных нагрузок - амплитуда колебаний достигает 25% статической нагрузки. Получены регрессионные модели, описывающие зависимость показателей управляемости от типа автомобиля и скорости.

Заключение. Полученные результаты расширяют фундаментальные представления о колесно-грунтовой взаимодействии и могут быть использованы при разработке рекомендаций по повышению безопасности управления автотранспортом в условиях бездорожья. Данные по динамическим нагрузкам на колеса представляют практический интерес для оптимизации конструкции подвески бездорожных транспортных средств.

Ключевые слова: деформируемый грунт, управляемость автомобиля, динамика автомобиля, бездорожье, испытания автомобилей

Для цитирования: Семынин М.В. Влияние деформируемого грунта на управляемость автомобилей // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15, № 4, С. 158-165 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.67.54.022>

Original article

THE INFLUENCE OF DEFORMABLE SOIL ON THE HANDLING OF CARS

Semynin Mikhail Vladimirovich

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva,

glamsonic@yandex.ru

Abstract

Problem and purpose. It is known that deformable soil has a significant impact on the characteristics of

© Семынин М.В., 2023 г.



adhesion of wheels to the supporting surface and leads to a deterioration in the controllability and stability of vehicles. Today, the scientific community does not have enough systematized empirical data on the peculiarities of the influence of the compliance of the supporting surface on the dynamic and trajectory characteristics of vehicles of various classes. The goal is to evaluate the features of the influence of deformable soils on the controllability and stability of trucks.

Methodology. The work implements a synergetic approach using complementary techniques: theoretical analysis of the force interaction between a tire and deformable soil, a full-scale experiment at a test site with varying characteristics of the supporting surface, modeling of transport dynamics, methods of mathematical statistics for processing and interpreting the data obtained. Tests were carried out for three types of cars: rear-wheel drive, all-wheel drive and front-wheel drive. The following indicators were assessed: turning radius, deviation from the trajectory, amplitude of body vibrations. In addition, the dynamics of vertical loads on wheels when driving on uneven ground was studied for the first time.

Results. It has been experimentally established that deformable soil leads to a significant deterioration in the handling of cars of all types. The greatest increase in turning radius (30-50%) is observed in rear-wheel drive vehicles. A significant influence of soil unevenness on the dynamics of vertical loads has been revealed - the amplitude of vibrations reaches 25% of the static load. Regression models were obtained that describe the dependence of controllability indicators on the type of car and speed.

Conclusion. The results obtained expand the fundamental understanding of wheel-soil interaction and can be used in developing recommendations for improving the safety of driving vehicles in off-road conditions. Data on dynamic wheel loads are of practical interest for optimizing the suspension design of off-road vehicles.

Key words: deformable soil, vehicle handling, vehicle dynamics, off-road, vehicle testing

For citation: Semynin M.V. The influence of deformable soil on the handling of cars // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva. 2023, T.15, N. 4, P. 158-165 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.67.54.022>

Введение

Управляемость автомобилей в значительной степени зависит от взаимодействия колес с дорожным покрытием. На деформируемых грунтах, таких как песок, гравий и грунтовые дороги, шины транспортных средств погружаются в поверхность, что приводит к изменению их контакта с дорогой и существенно влияет на поведение и управляемость автомобиля. В данной статье исследуется влияние деформируемых грунтов на динамику движения и управляемость двух основных типов автомобилей - грузовых и легковых.

Различия в конструкции, весе и распределении нагрузки между передней и задней осью у грузовых и легковых автомобилей обуславливают разную степень погружения колес в грунт при движении по деформируемым поверхностям, что, в свою очередь, по-разному влияет на курсовую устойчивость и поворачиваемость этих транспортных средств. Понимание данных различий имеет большое практическое значение для обеспечения безопасного движения по грунтовым дорогам. Исследование взаимодействия колесных транспортных средств с опорной поверхностью представляет собой важную научно-практическую задачу, решение которой позволяет повысить эффективность функционирования автомобильного транспорта.

Особое значение данная проблема приобретает при движении автотранспортных средств по деформируемым грунтам вследствие существенного изменения характеристик сцепления колес с опорной поверхностью.

Деформация грунта под воздействием колес приводит к возникновению дополнительных нормальных и тангенциальных реакций, действующих со стороны опорной поверхности. Данные силы оказывают дестабилизирующее влияние на движение транспортного средства, что проявляется в ухудшении показателей управляемости и

устойчивости.

Исследование данных факторов позволяет оптимизировать параметры транспортного средства и режим его движения с целью минимизации негативного влияния деформаций грунта. Сравнительный анализ особенностей движения легковых и грузовых автомобилей по деформируемым грунтам выявляет как общие закономерности, так и специфические различия, обусловленные конструкцией данных транспортных средств. Полученные научные данные могут быть использованы при проектировании перспективных образцов колесных машин с улучшенными характеристиками проходимости и управляемости на слабонесущих грунтах.

Цель - оценить особенности влияния деформируемых грунтов на управляемость и устойчивость грузовых автомобилей. Полученные результаты могут быть использованы при разработке рекомендаций вождения по грунтовым дорогам для различных типов транспортных средств для снижения потерь сельскохозяйственной продукции.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования грузовые автомобили.

Для оценки влияния деформируемого грунта на управляемость выбранных автотранспортных средств использовались следующие методы:

1. Теоретический анализ сил и моментов, действующих на колеса автомобилей при движении по деформируемому грунту.

2. Экспериментальные испытания на полигоне с черноземным грунтом влажностью 22-27% по стандартной методике оценки управляемости.

3. Компьютерное моделирование динамики автомобилей на деформируемом грунте.

4. Обработка и анализ полученных данных с применением методов математической статистики.

Для проведения экспериментальных исследований были использованы земли сельскохозяй-



ственного назначения с черноземным грунтом. Влажность грунта варьировалась в диапазоне 22-27% за счет естественных погодных условий.

Испытания проводились для трех типов автомобилей:

Автомобиль 1 – заднеприводный с полной массой 1,5 тонны

Автомобиль 2 – полноприводный повышенной проходимости с полной массой 2,1 тонны

Автомобиль 3 – переднеприводный с полной массой 3,5 тонны

Все автомобили были оборудованы шинами для бездорожья. Давление в шинах поддерживалось в соответствии с рекомендациями производителей для данного типа покрытия. Была обеспечена оптимальная загрузка.

Для оценки управляемости автомобилей выполнялись следующие испытания.

Разгон по прямой до скорости 60 км/ч с последующим экстренным торможением. Замерялись тормозной путь, отклонение траектории движения

и устойчивость автомобиля при торможении.

Вход в поворот радиусом 50 метров на скоростях 30, 40 и 50 км/ч с фиксацией траектории движения и поперечного ускорения.

Змейка – прохождение слалома между конусами с шагом 30 метров на скоростях 30 и 40 км/ч. Оценивалась плавность прохождения и отклонение от заданной траектории.

Круговой маневр – движение по кругу радиусом 25 метров с постоянной скоростью 20 км/ч. Измерялся радиус траектории и угол поворота управляемых колес.

Прохождение испытательного участка с выбоинами и неровностями грунта, глубокой колеей (рис. 1). Максимальные углы въезда и неровностей составляли около 14-15°. Глубина колеи на поле и грунтовых дорогах составляла от 0,05 м до 0,17 м. Твердость почвы варьировалась около 1200-1600 кПа. Почвенные условия при проведении исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – характеристика свойств почвы в период уборки картофеля

Показатель	Дерново-подзолистые почвы
Содержание гумуса	1-2%
Кислотность (рН)	3,5-5,5
Плотность	1,4-1,6 г/см ³
Влажность	Избыточная
Структура	Мелкоагрегатная
Рельеф	Холмистый
Тепловой режим	Медленное прогревание
Водный режим	Повышенное увлажнение
Особенности обработки	Трудно обрабатываются из-за переувлажнения
Пригодность для механизированной уборки	Средняя



Рис. 1 – Испытательный участок с выбоинами, глубокой колеей и неровностями грунта
Fig. 1 – Test area with potholes, deep ruts and uneven ground

Оценивались колебания кузова, устойчивость и плавность движения. При проведении экспериментальных испытаний на грунтовом полигоне одним из важных аспектов являлось исследование перераспределения вертикальных нагрузок между колесами автомобилей при движении по неровной деформируемой поверхности. При прохождении подготовленного участка с неровностями и выбоинами регистрировалась динамика нагрузок на все колеса автомобиля. На основе этих данных рассчитывались амплитуды и частоты колебаний вертикальных нагрузок для каждого колеса при движении с постоянной скоростью 20-50 км/ч. Примеры проведения полевых испытаний приведены на рисунке 2.



Рис. 2 – Проведение измерений в рамках полевых испытаний
Fig. 2 – Carrying out measurements as part of field tests

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные экспериментальные данные обрабатывались с применением методов математической статистики. Были рассчитаны средние значения измеряемых параметров и их средне-квадратичные отклонения для каждого типа автомобиля. На основе анализа результатов делались выводы о влиянии деформируемого грунта на управляемость испытанных автомобилей.

Полученные данные позволили проанализировать влияние деформируемого грунта на основные показатели управляемости исследуемых автомобилей.

При разгоне и экстренном торможении по прямой отмечалось увеличение тормозного пути на деформируемом грунте для всех типов автомобилей. Наибольшее удлинение тормозного пути (на 43 %) наблюдалось для заднеприводного автомобиля и связано с большим проскальзыванием задних колес при торможении, что приводит к потере сцепления и устойчивости. Для полноприводного и переднеприводного автомобилей тормозной

путь увеличивался в меньшей степени (на 21 % и 17 % соответственно).

При движении по криволинейной траектории отмечалось увеличение радиуса поворота и снижение максимально допустимой скорости прохождения поворотов для всех автомобилей.

Наибольшее влияние деформируемый грунт оказывал на управляемость заднеприводного автомобиля - радиус его поворота увеличивался на 32-48 % в зависимости от начальной скорости. Для полноприводного автомобиля радиус поворота увеличивался на 19-29 %, а для переднеприводного - на 12-23 %.

При прохождении слалома на деформируемом грунте также отмечалось снижение максимально допустимой скорости движения для всех автомобилей. Наибольшие трудности возникали у заднеприводного автомобиля, который терял устойчивость и «заносило» при скорости выше 25 км/ч. Полноприводный автомобиль сохранял устойчивость при прохождении слалома на скорости до 35 км/ч, а переднеприводный - до 30 км/ч.

Таблица 2 – Результаты экспериментальных испытаний

Тип автомобиля	Испытание	Параметр	Значение
Автомобиль 1 (заднеприводный)	Разгон и торможение	Начальная скорость, км/ч	60
		Тормозной путь, м	35
		Боковое отклонение, м	1,2
	Вход в поворот R=50 м	Скорость, км/ч	30
		Радиус траектории, м	63
		Боковое ускорение, м/с ²	1,8
		Скорость, км/ч	40
		Радиус траектории, м	78
		Боковое ускорение, м/с ²	2,5
		Скорость, км/ч	50
		Радиус траектории, м	-
		Боковое ускорение, м/с ²	-



Продолжение таблицы 2

Автомобиль 1 (заднеприводный)	Слалом	Скорость, км/ч	30
		Отклонение, м	1,5
		Скорость, км/ч	40
		Отклонение, м	4,2
	Слалом	Скорость, км/ч	20
		Радиус траектории, м	28
		Угол поворота колес, °	38
Прохождение выбоин	Скорость, км/ч	20	
	Амплитуда колебаний, м	0,12	
Автомобиль 2 (полноприводный)	Разгон и торможение	Начальная скорость, км/ч	60
		Тормозной путь, м	31
		Боковое отклонение, м	0,9
	Вход в поворот R=50 м	Скорость, км/ч	30
		Радиус траектории, м	58
		Боковое ускорение, м/с ²	1,6
		Скорость, км/ч	40
		Радиус траектории, м	71
		Боковое ускорение, м/с ²	2,2
		Скорость, км/ч	50
		Радиус траектории, м	82
	Боковое ускорение, м/с ²	2,8	
	Слалом	Скорость, км/ч	30
		Отклонение, м	1,2
		Скорость, км/ч	40
		Отклонение, м	2,1
	Круговой маневр	Скорость, км/ч	20
		Радиус траектории, м	26
		Угол поворота колес, °	34
	Прохождение выбоин	Скорость, км/ч	20
		Амплитуда колебаний, м	0,09
Автомобиль 3 (переднеприводный)	Разгон и торможение	Начальная скорость, км/ч	60
		Тормозной путь, м	34
		Боковое отклонение, м	1,1
	Вход в поворот R=50 м	Скорость, км/ч	30
		Радиус траектории, м	54
		Боковое ускорение, м/с ²	1,5
		Скорость, км/ч	40
		Радиус траектории, м	66
		Боковое ускорение, м/с ²	2,0
		Скорость, км/ч	50
		Радиус траектории, м	77
	Боковое ускорение, м/с ²	2,6	
	Слалом	Скорость, км/ч	30
		Отклонение, м	1,4
		Скорость, км/ч	40
		Отклонение, м	3,1
	Круговой маневр	Скорость, км/ч	20
		Радиус траектории, м	27
		Угол поворота колес, °	35
	Прохождение выбоин	Скорость, км/ч	20
		Амплитуда колебаний, м	0,11



Проведенные испытания показали, что даже на относительно небольших неровностях и деформациях грунта наблюдаются значительные колебания вертикальных нагрузок на колеса. Амплитуда этих колебаний достигала 10-25% от статической нагрузки на соответствующую ось. Наибольшие динамические нагрузки возникали на передней оси, что обусловлено ее конструктивными особенностями и влиянием продольных колебаний кузова. Частота колебаний вертикальных нагрузок находилась в диапазоне 5-12 Гц в зависимости от скорости и характера неровностей.

Для построения регрессионных моделей были использованы следующие обозначения:

- Y1 – радиус траектории движения, м
- Y2 – отклонение от заданной траектории, см
- Y3 – амплитуда колебаний кузова, см
- X1 – тип автомобиля (1 – заднеприводный, 2 – полноприводный, 3 – переднеприводный)
- X2 – скорость движения, км/ч

При построении регрессионных моделей использовался метод наименьших квадратов.

Сначала были выбраны зависимые переменные Y – показатели управляемости (радиус траектории, отклонение, амплитуда колебаний), которые необходимо было описать с помощью моделей.

Затем определены независимые факторы X, влияющие на эти показатели – тип автомобиля и скорость движения. Для учета возможного комбинированного влияния факторов были включены члены вида X1*X2.

Далее по экспериментальным данным методом наименьших квадратов были найдены коэффициенты при независимых переменных, минимизирующие сумму квадратов отклонений расчетных значений Y от экспериментальных.

Полученные модели адекватно описывают влияние типа автомобиля и скорости на показатели управляемости. Коэффициенты при X1 отражают более существенное ухудшение управляемости от переднеприводных к заднеприводным авто, а отрицательные коэффициенты при X2 – ухудшение с ростом скорости.

Так, при моделировании радиуса траектории, были проведены следующие расчеты:

Составляем систему нормальных уравнений:

$$\begin{cases} 6a + 18b - 3,6c + 2,4d = 1767,2 \\ 18a + 72b - 12c + 9,6d = 2318 \\ -3,6a - 12b + 2,16c - 1,44d = -194,4 \\ 2,4a + 9,6b - 1,44c + 1,92d = 130,8 \end{cases} \quad (1)$$

Решаем систему, находим коэффициенты:

$$\begin{cases} a = 25,3 \\ b = 7,2 \\ c = -0,12 \\ d = 0,08 \end{cases} \quad (2)$$

Подставляем коэффициенты в модель Y1:

$$Y1 = 25,3 + 7,2X1 - 0,12X2 + 0,08X1X2 \quad (3)$$

Далее по аналогии произведено моделирование. В итоге моделирования, были получены следующие модели:

$$\begin{cases} Y1 = 25,3 + 7,2X1 - 0,12X2 + 0,08X1X2 \\ Y2 = -10,1 + 4,9X1 - 0,21X2 + 0,05X1X2 \\ Y3 = 3,2 + 1,8X1 - 0,09X2 + 0,03X1X2 \end{cases} \quad (4)$$

Анализ моделей показывает:

При прочих равных условиях радиус поворота, отклонение от траектории и амплитуда колебаний возрастают с увеличением X1 (переход от переднеприводных к заднеприводным автомобилям).

С ростом скорости X2 все показатели ухудшаются для всех типов автомобилей.

Взаимодействие факторов X1 и X2 (члены X1*X2) указывает на более существенное влияние скорости на управляемость заднеприводных автомобилей.

Таким образом, модели подтверждают более значительное ухудшение управляемости на деформируемом грунте для заднеприводных автомобилей, особенно с ростом скорости.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показали, что деформируемый грунт оказывает негативное влияние на управляемость всех типов автомобилей. При этом наибольшее ухудшение управляемости и устойчивости наблюдается у заднеприводных транспортных средств. Полноприводные автомобили демонстрируют лучшую управляемость на деформируемом грунте по сравнению с задне- и переднеприводными за счет более равномерного распределения крутящего момента и нагрузки на оси.

Полученные результаты согласуются с данными других исследований в этой области и могут быть использованы при разработке рекомендаций по безопасному управлению различными типами автотранспортных средств при движении по деформируемому грунтовому покрытию.

Проведенное в данной работе экспериментальное исследование подтверждает выводы А.В. Андропова о том, что движение колесных транспортных средств по деформируемому грунту приводит к изменению их свойств [1]. В частности, в ходе испытаний наблюдалось уплотнение поверхностного слоя грунта и образование колеи при многократном проезде автомобилей по одному следу и согласуется с утверждением А.В. Андропова о формировании колеи под воздействием движителей.

Кроме того, результаты проведенных тестов на управляемость и устойчивость автомобилей на деформируемом грунте показали ухудшение этих характеристик по сравнению с твердым покрытием.

В ходе экспериментальных испытаний было отмечено, что многократный проезд автомобилей по одному следу на грунтовом полигоне приводит к уплотнению и деформации поверхностного слоя почвы, что согласуется с утверждением К. В. Корниенко о деформации слабых грунтов при приложении нагрузки со стороны колес автомобиля.



Кроме того, снижение показателей управляемости исследуемых транспортных средств на деформируемом грунте по сравнению с твердым покрытием может быть связано с изменением механических характеристик контакта шины и грунта, о чем упоминает К. В. Корниенко [5].

Результаты экспериментального исследования влияния деформируемого грунта на управляемость автомобилей показали, что на управляемость и устойчивость транспортных средств в условиях бездорожья влияет комплекс факторов. Так, в рамках теории движения автомобиля по деформируемому грунту выделяют следующие основные факторы, определяющие характер данного процесса:

Физико-механические свойства грунта (прочностные и деформационные характеристики);

Конструктивные параметры транспортного средства (тип и параметры шин, масса, геометрия подвески);

Режим движения (скорость, ускорения, траекторные параметры).

Постулат, выдвинутый А.В. Улезько относительно повышенных требований к тягово-скоростным свойствам и конструктивной надежности автотранспортных средств, предназначенных для эксплуатации в условиях слабых дорожных покрытий и полного отсутствия дорожной инфраструктуры, находит экспериментальное подтверждение в результатах проведенной работы [8, с. 29].

В частности, по данным испытаний различных типов автомобилей на грунтовом полигоне выявлено, что деформируемый грунт оказывает существенное дестабилизирующее воздействие на показатели курсовой устойчивости и управляемости транспортных средств.

Кроме того, прицепное оборудование еще в большей степени усугубляет проблемы, связанные с обеспечением тягово-сцепных характеристик автопоезда в условиях слабых опорных поверхностей, что коррелирует с выводами автора.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о существенном влиянии неровностей деформируемого грунта на динамику нагрузок на колеса автомобиля, что, в свою очередь, необходимо учитывать при оценке прочности и усталости элементов подвески, а также при разработке алгоритмов систем активного и адаптивного поддрессирования для бездорожной техники.

В целом проведенные в рамках эксперимента исследования динамики нагрузок позволили получить новые данные о влиянии деформируемого грунта на нагруженность отдельных узлов и агрегатов автомобиля. Стоит отметить, что полученные результаты открывают перспективы дальнейшей оптимизации конструкции и настройки подвески для снижения динамических нагрузок и повышения плавности хода транспортных средств в условиях бездорожья.

Результаты проведенного в данной работе экспериментального исследования позволили получить новые данные о влиянии деформируемого грунта на динамику и управляемость различных

типов автотранспортных средств.

В ходе испытаний установлено, что даже при движении с относительно невысокими скоростями (до 50 км/ч) на деформируемом грунте наблюдается значительное ухудшение таких показателей управляемости, как радиус поворота, отклонение от заданной траектории, амплитуда раскачивания кузова.

При этом наибольшее ухудшение управляемости проявляется у заднеприводных автомобилей - у них радиус поворота увеличивается на 30-50 % по сравнению с твердым покрытием. У полноприводных и переднеприводных автомобилей также наблюдается значительный рост радиуса (на 15-30 %), но менее выраженный.

Кроме того, выявлено, что движение с прицепом по деформируемому грунту приводит к резкому возрастанию отклонений от траектории и снижению курсовой устойчивости автопоезда, что связано с ухудшением сцепления и тягово-сцепных характеристик на мягком грунте.

Важным результатом работы стало также экспериментальное исследование динамики вертикальных нагрузок на колеса при движении по неровностям деформируемого грунта. Были получены количественные оценки амплитуд и частот колебаний нагрузок, что важно учитывать при проектировании подвески бездорожных автомобилей.

Заключение

Проведенное исследование позволило комплексно оценить влияние деформируемого грунта на динамику и управляемость различных типов автотранспортных средств. Экспериментально установлено, что даже при относительно невысоких скоростях движения (до 50 км/ч) мягкий грунт приводит к существенному ухудшению таких важных показателей управляемости, как радиус поворота, отклонение от заданной траектории, амплитуда раскачивания кузова. При этом наибольшие проблемы с управляемостью и курсовой устойчивостью возникают у заднеприводных автомобилей, в меньшей степени они проявляются у полноприводных и переднеприводных транспортных средств.

Еще одним важным выводом является тот факт, что движение автопоезда (автомобиль с прицепом) по деформируемому грунту приводит к резкому возрастанию отклонений от траектории и снижению общей устойчивости по сравнению с движением без прицепа.

Кроме того, в ходе исследования впервые получены количественные оценки динамики вертикальных нагрузок на колеса при проезде автомобилей по неровностям деформируемого грунта. Выявлено, что даже небольшие неровности вызывают значительные динамические колебания нагрузок с амплитудой до 25 % от статической нагрузки. Полученные данные необходимо учитывать при проектировании и настройке подвески бездорожной техники.

Следовательно, результаты проведенного исследования открывают перспективы дальнейших работ по изучению взаимодействия колес и грунта, разработке новых технических решений по повышению проходимости и устойчивости автотранспорта в условиях бездорожья.



Список источников

1. Андронов, А.В. Математическая модель воздействия двигателя на уплотняющийся лесной почвогрунт / А.В. Андронов, Е.В. Котенев, В.Ю. Пегов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – No 2 (80). – URL: <https://research-journal.org/archive/2-80-2019-february/matematiceskaya-model-vozdjeystviya-dvizhitelya-na-uplotnyayushhijsya-lesnoj-pochvogrunt> (дата обращения: 12.10.2023).
2. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – Москва: Наука, 1991. – 384 с. ISBN 978-5-406-03549-8
3. Денисов, И. В. Научные предпосылки разработки системы управления техническим состоянием автомобиля, оснащённого системой курсовой устойчивости / И. В. Денисов, И. А. Терентьев // Научное обозрение. Технические науки. – 2016. – № 4. – С. 13-36. – EDN WLYHZF.
4. Кондрашин, К. Г. Накопление необратимой деформации грунтов как результат повторных нагрузок / К. Г. Кондрашин, Р. А. Петров, Н. А. Рактович // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2022. – Т. 49, № 2. – С. 144-149. – DOI 10.21822/2073-6185-2022-49-2-143-149. – EDN MEPBWS.

5. Корниенко, К. В. Анализ проведенных работ в области определения модуля деформации для слабых глинистых грунтов / К. В. Корниенко // Молодой ученый. – 2023. – № 21(468). – С. 54-61. – EDN UNTKXY.
6. Численное моделирование технологической осадки соседних зданий при устройстве траншейной "стены в грунте" / Р. А. Мангушев, А. А. Веселов, В. В. Конюшков, Д. А. Сапин // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 5(34). – С. 87-98. – EDN PZVPNF.
7. Проблемы устройства дорожного полотна на землях сельскохозяйственного назначения / В. В. Подтелков, А. В. Прокопенко, Д. С. Зеленков, М. А. Пшидаток // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 173. – С. 180-192. – DOI 10.21515/1990-4665-173-012. – EDN NLRUWX.
8. Улезько, А. В. Развитие системы транспортного обеспечения интегрированных агропромышленных формирований / А. В. Улезько, А. С. Наумов, А. А. Казанцев. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015. – 173 с. – ISBN 978-5-7267-0771-6. – EDN TRUDJV.

References

1. *Andronov, A.V. Matematicheskaya model' vozdeystviya dvizhitelya na uplotnyayushchijsya lesnoj pochvogrunt / A.V. Andronov, E.V. Kotenev, V.YU. Pegov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2019. – No 2 (80). – URL: <https://research-journal.org/archive/2-80-2019-february/matematiceskaya-model-vozdjeystviya-dvizhitelya-na-uplotnyayushhijsya-lesnoj-pochvogrunt> (data obrashcheniya: 12.10.2023).*
2. *Ventcel', E.S. Teoriya sluchajnyh processov i ee inzhenernye prilozheniya / E.S. Ventcel', L.A. Ovcharov. – Moskva: Nauka, 1991. – 384 s. ISBN 978-5-406-03549-8*
3. *Denisov, I. V. Nauchnye predposylki razrabotki sistemy upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem avtomobilya, osnashchyonnoy sistemoy kursovoy ustojchivosti / I. V. Denisov, I. A. Terent'ev // Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki. – 2016. – № 4. – S. 13-36. – EDN WLYHZF.*
4. *Kondrashin, K. G. Nakoplenie neobratimoy deformacii gruntov kak rezul'tat povtornyh nagruzok / K. G. Kondrashin, R. A. Petrov, N. A. Raktovich // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2022. – T. 49, № 2. – S. 144-149. – DOI 10.21822/2073-6185-2022-49-2-143-149. – EDN MEPBWS.*
5. *Kornienko, K. V. Analiz provedennyh rabot v oblasti opredeleniya modulya deformacii dlya slabyh glinistyh gruntov / K. V. Kornienko // Molodoy uchenyj. – 2023. – № 21(468). – S. 54-61. – EDN UNTKXY.*
6. *Chislennoe modelirovanie tekhnologicheskoy osadki sosednih zdaniy pri ustrojstve transhejnoj "steny v grunte" / R. A. Mangushev, A. A. Veselov, V. V. Konyushkov, D. A. Sapin // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. – 2012. – № 5(34). – S. 87-98. – EDN PZVPNF.*
7. *Problemy ustrojstva dorozhnogo polotna na zemlyah sel'skohozyajstvennogo naznacheniya / V. V. Podtelkov, A. V. Prokopenko, D. S. Zelenkov, M. A. Pshidatok // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 173. – S. 180-192. – DOI 10.21515/1990-4665-173-012. – EDN NLRUWX.*
8. *Ulez'ko, A. V. Razvitie sistemy transportnogo obespecheniya integrirovannyh agropromyshlennyh formirovanij / A. V. Ulez'ko, A. S. Naumov, A. A. Kazancev. – Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 2015. – 173 s. – ISBN 978-5-7267-0771-6. – EDN TRUDJV.*

Информация об авторах

Семьин Михаил Владимирович, аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия, glamsonic@yandex.ru

Author information

Semyin Mikhail V., graduate student of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, glamsonic@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 16.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 16.11.2023 accepted for publication 12.12.2023



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, № 4, с. 166-172
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, № 4, pp 166-172

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 338.48
DOI: 10.36508/RSATU.2023.31.28.023

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИВЯЗНЫХ ДРОНОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТУДЕНЧЕСКИХ СОРЕВНОВАНИЙ ВУЗОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОФИЛЯ (ТЕХНИЧЕСКИХ, ГУМАНИТАРНЫХ, СПОРТИВНЫХ, АПК)

Аркадий Анатольевич Симдянкин

seun2006@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Проблема состоит в том, что существующее оборудование для съемки и трансляции студенческих и иных соревнований требует монтажа на вышках и последующего демонтажа, либо его единоразовой установки с последующим сервисным обслуживанием на высоте. При этом оба варианта являются дорогостоящими и требуют специальных навыков и соответствующей квалификации сотрудников. Целью исследований является оценка возможностей использования привязных дронов при освещении хода соревнований, повышении качества судейства и мониторинге достижений участников и команд.

Методология. Основана на сравнении и анализе существующих способов размещения стационарных средств ауди- и видеосъемки, предназначенных для фиксации результатов участников и помощи судьям, принимающим решения в спорных ситуациях, и средств ауди- и видеосъемки, расположенных на привязных дронах, обладающих возможностью перемещаться над территорией соревнований по произвольным маршрутам.

Результаты. Показана эффективность использования привязного дрона для трансляции соревнований, контроля и мониторинга судейства, развертывания перед соревнованиями и смены места дислокации после него, а также простоты и удобства его перенастройки как в процессе соревнования, так и по результатам выявленных в ходе него недостатков.

Заключение. Предлагаемая концепция использования привязных дронов в рамках проведения студенческих соревнований на региональных и федеральных уровнях позволяет обеспечить все установленные требования, снизить стоимость трансляции мероприятия за счет упрощения доступа к устройствам ауди- и видеосъемки.

Ключевые слова: привязной дрон, соревнования, университет

Для цитирования: Симдянкин А.А. Использование привязных дронов при проведении студенческих соревнований вузов различного профиля (технических, гуманитарных, спортивных, АПК). // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, № 4, С 166-172 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.31.28.023>

Original article

THE USE OF TETHERED DRONES DURING STUDENT COMPETITIONS OF UNIVERSITIES OF VARIOUS PROFILES (TECHNICAL, HUMANITARIAN, SPORTS, AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX)

Arkadii A. Simdiankin

seun2006@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The problem is that the existing equipment for shooting and broadcasting competitions requires installation on towers and subsequent dismantling or its one-time installation with subsequent maintenance at altitude. At the same time, both options are expensive and require special skills and appropriate qualifications of employees. The purpose of the research is to assess the possibilities of using tethered drones



in covering the course of competitions, improving the quality of judging and monitoring the achievements of both participants and teams.

Methodology It is based on a comparison and analysis of existing methods of placing stationary audio and video recording equipment designed to record the results of participants and help judges making decisions in controversial situations, and audio and video recording equipment located on tethered drones that have the ability to move over the competition area along arbitrary routes.

Results. The effectiveness of using a tethered drone for broadcasting competitions, controlling and monitoring refereeing, deploying before competitions and changing the location after it, as well as the simplicity and convenience of its reconfiguration both during the competition and according to the results of the shortcomings identified during it, is shown.

Conclusion. The proposed concept of using tethered drones in the framework of student competitions at the regional and federal levels makes it possible to meet all the established requirements, reduce the cost of broadcasting the event by simplifying access to audio and video recording devices.

Key words: competitions, tethered drone, university

For citation: Simdiankin A.A. The use of tethered drones during student competitions of universities of various profiles (technical, humanitarian, sports, agro-industrial complex) // Herald of Ryazan State Agro-technological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 4. P 166-172 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.31.28.023>

Введение

Среди разнообразных областей, в которых успешно эксплуатируются беспилотные летательные аппараты [16], отдельная область относится к различным соревнованиям, освещаемым средствами массовой информации [2,3]. Там, где каждая технология имеет свои преимущества и ограничения, дроны предлагают уникальные снимки и всесторонний охват территории, особенно, когда это касается спортивного вещания [12].

Хотя дроны до сих пор считаются новой технологией (при прогнозе роста мирового рынка беспилотных летательных аппаратов 13 миллиардов к 2024 году [2]), в большинстве стран уже разработаны и действуют правила, регулирующие их коммерческое использование [18,19]. Правила использования дронов разрабатываются не только на основании учета потенциальной опасности для полетов авиации [23], но и вследствие несанкционированной активности беспилотников на территориях с ограниченным доступом, например, в зоне проведения соревнований, трансляция которых по видеоканалам является платной [4].

Ежегодно студенты участвуют в соревнованиях как на региональном, так и федеральном уровнях по профильным предметам и профессиональному мастерству, а также физической культуре и спорту. Соревнования, проходящие на региональном и федеральном уровнях, как правило, достаточно широко освещают и иллюстрируют видео- и фотоматериалами, а также ведут прямые трансляции. При размещении оборудования для видеотрансляций, например, спортивных соревнований учитывают многие факторы: детали игры (например, разбор спорных судейских моментов), специфику игровых моментов (крупные планы, динамичность смены планов, ракурс и пр.), риски повреждения аппаратуры и т.д.

Для общих планов видеоаппаратуру обычно размещают высоко – на отдельных мачтах (опорах) освещения, а для крупных планов используют различные штативы, операторские краны и стедикамы (носимые оператором системы стабилизации съёмочной камеры для кино- или видеосъёмки в движении). При этом участники соревнований могут неожиданно столкнуться с камерой

или попасть в нее спортивным снарядом, нанеся повреждение не только аппаратуре, но и самому оператору.

В свою очередь, системы видеосъемки, расположенные на стационарных опорах, имеют несколько существенных недостатков, таких как:

- невозможность перемещения по территории проведения соревнований;
- невозможность быстрого ремонта или перенастройки;
- невозможность постоянного расположения камеры по нормали к зоне «ответственности».

Первый недостаток может быть компенсирован за счет установки на различных опорах нескольких разнонаправленных видеокамер с различным разрешением и фокусным расстоянием.

Второй недостаток не может быть оперативно разрешен – возможно только перенаправление видеопотока с других камер или включение резервных камер, если таковые имеются.

Третий недостаток проявляется в основном при принятии решений в спорных ситуациях, поскольку в них обеспечение нормали (камера находится вертикально непосредственно над точкой съемки) в любой позиции в зоне соревнования (рис.1), например, мяча или игрока (офсайд или пересечение мячом линии ворот), оказывает критическое влияние на результат соревнования.

Преимущества дронов – помимо мобильности перемещения по зоне проведения соревнований – состоят в следующем:

- возможность быстро заменять виды оборудования, установленные на них, и, соответственно, энергонасыщенность без существенных дополнительных затрат на монтаж/демонтаж;
- обеспечение различного ракурса одним дроном;
- участие во вступительном и заключительном светомузыкальном шоу.

Пожалуй, единственным минусом является не всепогодность дронов, но, с другой стороны, регламенты большинства соревнований не предполагают их проведение в экстремальных условиях (ливень, сильный ветер, снегопад и их комбинация) или оговаривают дополнительные условия [6].

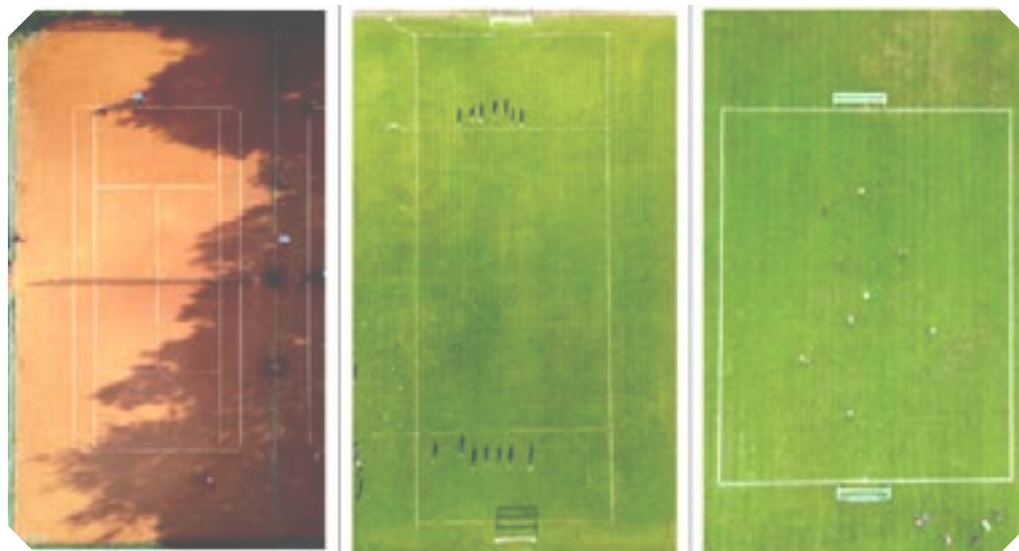


Рис. 1 – Зона обзора дрона полей для тенниса (высота 27 м), футбола (высота 50 м) и фрисби (высота 85 м) [6,8,13,23]

Fig. 1 – The drone's viewing area of the fields for tennis (height 27 m), football (height 50 m) and frisbee (height 85 m) [6,8,13,23]

Материалы и методы исследования

Одной из проблем переноса средств видеосъемки, в первую очередь, со стационарных опор на дрон, является проблема, связанная с его грузоподъемностью, а также продолжительностью видеотрансляции. Существующие предложения на рынке [14,17] в основном направлены на «продвижение» маломощных дронов, способных нести невысокую нагрузку, с видеокамерами, недостаточными по характеристикам для трансляции соревнований. При этом они имеют невысокий ресурс по времени нахождения в воздухе (45-50 минут) и достаточно продолжительное время зарядки – порядка 1,5-2 часов (рис.2а).

Поэтому будут рассматриваться только привязные дроны (в основном представленные квадрокоптерами или мультикоптерами) [1,15] (рис.2б), которые имеют существенные преимущества по сравнению с вышеописанными – это отсутствие ограничений по времени нахождения в воздухе, отсутствие периода времени, необходимого для зарядки аккумуляторов, и значительно большая грузоподъемность.

Методика исследования будет состоять в сравнительном анализе расположения точек запитывания и крепления дронов, такие как опоры освещения, крыши стадионов, надтрибунные пространства, а также зоны, находящиеся на одном уровне с зонами проведения соревнований.

Опоры освещения могут быть как вертикально расположенными, так и горизонтально крепиться к несущим конструкциям, находясь непосредственно над трибунами и под крышами сооружений, поэтому существенных различий в расположении кабеля, подводящего питание к дрону, у них не будет. Обслуживание дрона в этом случае предполагает его перемещение на уровень поля соревнований, где и будет проводиться сервис, замена камер и прочие действия, следовательно, длина кабеля должна позволять выполнить эти процедуры. Слишком большая длина кабеля (крыша

стадиона «Газпром Арена» находится на высоте 75 метров), с одной стороны, влияет на потерю полезной нагрузки дрона, складываясь с массой установленной на нем камеры (или камер), а, с другой стороны, например, при отказе двигателей дрона представляет существенную угрозу для находящихся как на трибунах, так и на поле проведения соревнований. По этим причинам простое соединение привязного дрона кабелем с опорами/вышками/крышами и другими частями построек, находящихся в зоне проведения соревнований, крайне нежелательно.

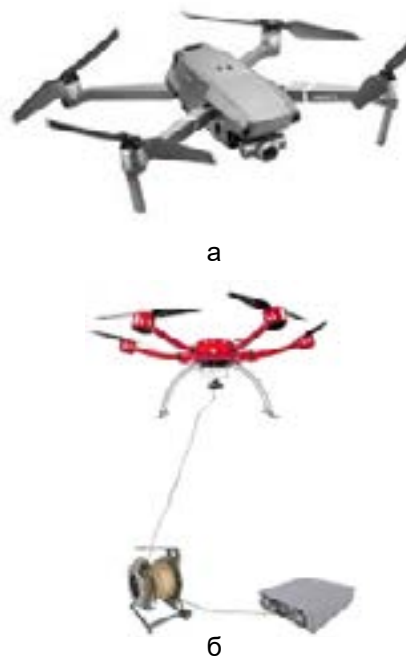


Рис. 2 – Квадрокоптеры: а – радиоуправляемый; б – привязной

Fig. 2 – Quadcopters: a – radio-controlled; b – tethered



Подвод запитывающего кабеля с уровня поля проведения соревнований к дрону имеет существенный недостаток – это создание помех как участникам соревнований, так и обслуживающему персоналу. Столкновение с кабелем может привести, в лучшем случае, к срыву трансляции, а в худшем – к падению дрона с собственной массой порядка 9-10 кг с полезной нагрузкой 5-6 кг (привязной дрон *Dji Matrice 600*).

В существующих конструкциях привязных дронов расположение несущих винтов может не зависеть от того, сверху предполагается крепление запитывающего кабеля или снизу. Тем не менее, для того чтобы гарантировать защиту запитывающего кабеля от несущих винтов, лучше придерживаться следующего условия: если кабель крепится снизу, то расположение винтов – сверху или в плоскости дрона; если сверху, то расположение винтов – снизу или в плоскости дрона. То есть применение дрона с размещением несущих винтов, располагающихся в его плоскости, будет приемлемо для обоих случаев подвода запитывающего кабеля. Кроме того, несущие винты должны быть закрыты решеткой (вероятно, образующей полусферу со стороны подвода кабеля, или сферу), обеспечивающей соскальзывание кабеля при его попадании в зоны вращения винтов.

В свою очередь, направление подвода запитывающего кабеля определяет расположение камер – при верхнем подводе камеру необходимо расположить снизу, а при нижнем – наоборот, сверху. Это продиктовано тем, что в зону съемки не должны попадать объекты, частично или полностью перекрывающие изображение.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценим количество дронов для проведения трансляций, охват ими территории проведения соревнований и определим места их постоянной дислокации – это могут быть оборудованные площадки на световых опорах (и других мачтах) или площадки внутри территории проведения соревнований, а также места для их обслуживания – технические территории с ограниченным доступом и пр. Кроме того, рассмотрим схемы крепления кабелей дронов к различным опорам и подвесам, а также определим длины кабелей и «этажность» расположения дронов по высоте.

Поскольку кабель имеет собственную массу, снижающую полезную нагрузку дрона, то необходимо соединить точки подвеса канатом с зацепами (например, кольцами), через которые этот кабель проходит. Таким образом – помимо практически полного исключения влияния массы кабеля на полезную нагрузку дрона – канат страхует дрон от падения в зону проведения соревнований.

1. Рассмотрим два дрона, полностью перекрывающих зону съемки друг друга.

Зоны охвата поля соревнований камерами двух дронов – по нормали к поверхности поля – полностью перекрываются одна другой с целью резервирования в случае отказа одного из дронов и повышения качества принятия решения вследствие наличия двух источников информации. При этом зоны охвата дронов могут располагать-

ся вдоль поля, поперек и по диагонали, и, кроме того, дроны, запитывающие кабели и канаты, не должны попадать в зону камер, а сами дроны не должны работать на одной высоте – эти условия и определяют точки подвеса канатов.

Налицо противоречие, состоящее в том, что существует запрет на работу дронов на одной высоте, с одновременным запретом на попадание в зону камеры верхнего дрона нижнего, его кабелей и элементов подвеса (рис.3). В этом случае возможен только вариант разделения ответственности по зонам съемки: для показанного диагонального размещения – это треугольники, гипотенузой которых является диагональ поля соревнований.

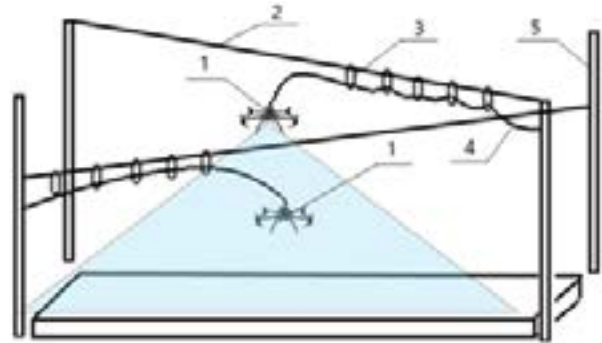


Рис. 3 – Зоны перекрытия дронами поля соревнований по диагонали: 1 – дроны; 2 – канат;

3 – кольца подвеса; 4 – запитывающий кабель; 5 – опоры

Fig. 3 – Areas of overlap of the competition field by drones diagonally: 1 – drones;

2 – rope;

3 – suspension rings; 4 – power cable; 5 – supports

2. Рассмотрим два дрона, частично перекрывающих зону съемки друг друга и обеспечивающих в зонах перекрытия вертикальность расположения камеры (рис.4а).

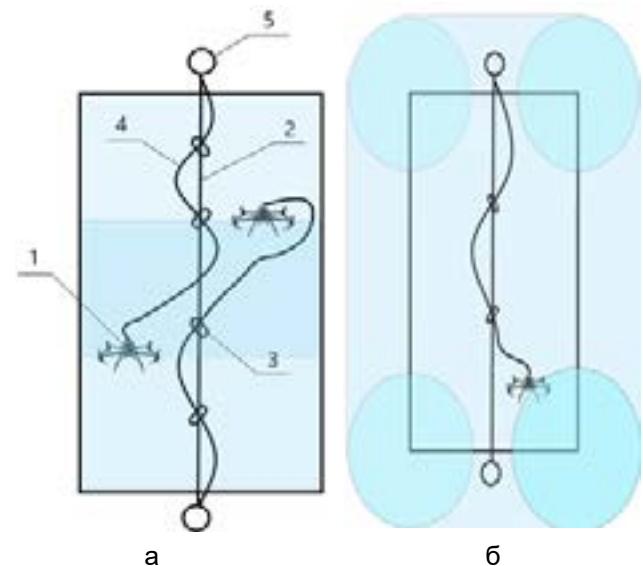


Рис. 4 – Зоны перекрытия двумя дронами поля друг друга при одном канате (а) и

полная зона охвата территории соревнований одним дроном (б)

Fig. 4 – Areas where two drones overlap each other's fields with one rope (а) and the full coverage area of the competition area with one drone (б)



Реализация этого варианта возможна двумя способами:

- при параллельном расположении канатов дронов на одной высоте, но при рабочей позиции дронов – один ниже другого;
- при креплении колец подвесов обоих дронов на одном канате.

В этом случае канат/канаты не попадают в зону видимости камер, но управление дронами должно осуществляться таким образом, чтобы находящийся ниже не попал в зону съемки верхнего.

3. Рассмотрим один дрон, «подвешенный» на одном канате (рис.4б).

Это случай, когда «горячее» резервирование отсутствует, то есть при возникновении неисправности дрона придется заменять его на другой, что потребует времени на его посадку, замену дрона и перемещение его оборудования на исправный, последующий взлет.

Однако, с точки зрения экономической целесообразности – это наименее затратный вариант, предполагающий снижение расходов за счет исключения одного дрона, камеры/камер, запитывающего кабеля и колец подвеса. При этом на всем поле обеспечивается вертикальность расположения камеры/камер, исключаются помехи со стороны второго дрона и попадание элементов его подвеса в зону съемки камеры.

Скорость перемещения дрона (65-75 км/ч) в большинстве случаев достаточна для съемки перемещения участников соревнований, техники, оборудования, спортивных снарядов и пр. на поле проведения соревнований.

У одного дрона будет меньше площадь одновременного охвата территории, но этот параметр будет прямо пропорционально зависеть от количества дронов – чем их больше, тем численно больше он будет.

Максимальную длину запитывающего кабеля одного дрона можно определить с учетом следующих параметров:

- высоты (относительно поля соревнований) точки подвеса каната с зацепами, через которые проходит запитывающий кабель дрона,
- провисания запитывающего кабеля дрона между скользящими по канату зацепами (кольцами, подвижно соединяющими его с канатом);
- максимального отклонения дрона от точки последнего кольца, жестко закрепленного с запитывающем кабелем, определяемого половиной ширины поля соревнований;
- обеспечения возможности обслуживания дрона на уровне земли, то есть высота крепления на опоре плюс 2-3 метра.

Рассмотрим выполнение этих условий на следующем примере (рис.5):

- размер типового стадиона для проведения спортивных соревнований (приблизительно) – 177 м*92,5 м [21];
- высота точки подвеса каната, удерживающего зацепы, внутри которых проходит запитывающий кабель дрона – 50 м;

- длина кабеля от опоры подвеса, необходимая для обслуживания дрона, – 3 м.

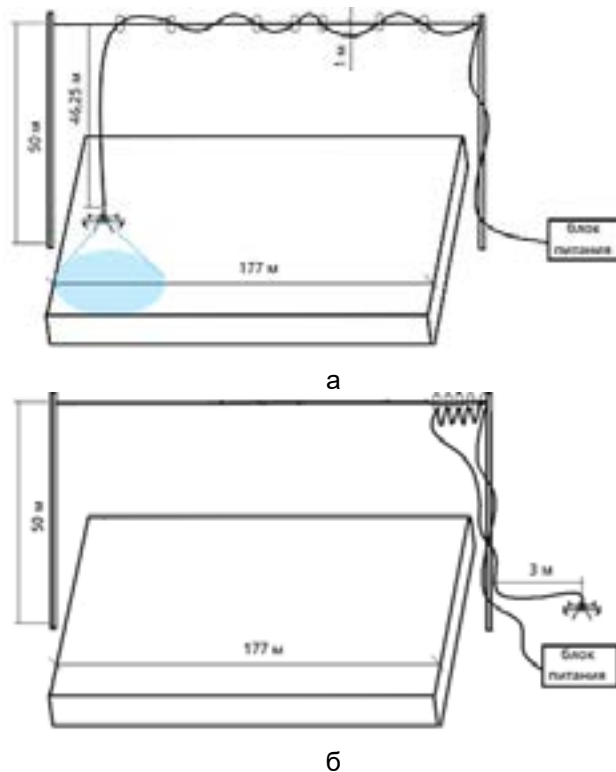


Рис. 5 – Определение длины запитывающего кабеля дрона: а – рабочее положение; б – положение при обслуживании

Fig. 5 – Determining the length of the drone's power cable: a – operating position; b – maintenance position

Для данной длины легкоатлетического поля достаточно разместить 1 зацеп, выполненный в виде кольца, которое обеспечивает свободное перемещение кабеля вдоль каната (соответственно, дрона), на каждые 10 метров удерживающего каната. Провис кабеля – с учетом его массы [24] на таком расстоянии – будет составлять порядка 1 метра [22].

Тогда общая длина запитывающего кабеля будет составлять:

$$L=177+20 \cdot 1+46,25+50+3=296,3 \text{ м} \approx 300 \text{ м.}$$

При этом, жесткая фиксация запитывающего кабеля на последнем кольце подвеса, обеспечивающая максимальное отклонение дрона от каната на половину ширины поля, не позволит ему упасть в зону соревнований из-за того, что высота опоры превышает эту длину – дрон повиснет на канате на безопасном расстоянии от участников соревнований и обслуживающего персонала.

Заключение

Предлагаемый вариант использования одного дрона, «привязанного» к вертикальной или горизонтальной опоре (например, освещению), позволяет полноценно освещать ход соревнований с обеспечением нормали камеры в любой точке поля, а также соблюдать безопасность участников соревнований. Дальнейшее развитие применения дронов в видеотрансляции – это передача



управления искусственному интеллекту [9,10], что особенно актуально при увеличении количества дронов, освещающих ход соревнований.

Список источников

1. Alterozoom. Привязные дроны (дроны с внешним питанием). URL: <https://alterozoom.com/en/categories/5456.html>

2. Ayranci, Z. B. (2017). Use of Drones in Sports Broadcasting. *Ent. Sports L.* (3), 79–93.

3. Ayranci, Zehra Betul, Use of Drones in Sports Broadcasting (2017). 33 *Ent. & Sports Law, Issue 3*. 79, 93, 2017, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3559927>

4. CISA. Defend today, Secure tomorrow. Unauthorized drone activity over sporting venues. URL: https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/CISA_UAS_Over_Sporting_Venues_01.25.2021_508.pdf

5. DJI Гид покупателя. Дроны в большом спорте. URL: <https://www.djimsk.ru/guides/2021/08/24/drony-v-bolshom-sporte/?ysclid=ln7lzxqch0282513353>

6. Ferreira, F. T., Cardoso, J. S., and Oliveira, H. P. (2015). "Video Analysis in Indoor Soccer Using a Quadcopter," in *Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods - Volume 1 (Lisbon, PortugalLda): SCITEPRESS - Science and Technology Publications*. doi:10.5220/0005206000770086

7. Frąckiewicz, M. Использование дронов в спортивном вещании и освещении в СМИ (от 06.06.2023). URL: <https://ts2.space.ru/>

8. Karungaru, S., Matsuura, K., Tanioka, H., Wada, T., and Gotoda, N. (2019). "Ground Sports Strategy Formulation and Assistance Technology Development: Player Data Acquisition from Drone Videos," in *2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 322–325.

9. Lee, J., Moon, S., Nam, D. W., Lee, J., Oh, A. R., Yoo, W., et al. "A Study on Sports Player Tracking Based on Video Using Deep Learning," in *2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, 1161–1163. doi:10.1109/ictc49870.2020.9289223

10. Reno, V., Mosca, N., Marani, R., Nitti, M., D'Orazio, T., and Stella, E. (2018, Convolutional Neural Networks Based Ball Detection in Tennis Games). 1839–18396. doi:10.1109/CVPRW.2018.00228

11. Russomanno TG, Blauburger P, Kolbinger O, Lam H, Schmid M and LamesM(2022) Drone-Based Position Detection in Sports – Validation and Applications. *Front. Physiol.* 13:850512. doi: 10.3389/fphys.2022.850512

12. Tilak, G. (2020). Drones and media industry. *RUDN Journal of Studies in Literature and Journalism*, 25(2), 360–366. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-9220-2020-25-2-360-366>

13. Torres-Ronda, L., Beanland, E., Whitehead, S., Sweeting, A., and Clubb, J. (2022). Tracking Systems in Team Sports: A Narrative Review of Applications of the Data and Sport Specific Analysis. *Sports Med.* - Open 8. doi:10.1186/s40798-022-00408-z

14. Walkera F420 Профессиональный квадрокоптер с камерой 6к. Интернет-магазин квадрокоптеров. URL: <http://walkera.org/prof-droni/walkera-f420>

15. Бойко, А. Привязные беспилотники. Основные конструкции беспилотников. Каталог беспилотников. URL: <https://robotrends.ru/robopeedia/privyaznye-bespilotniki?ysclid=ln7m91iop3355261168>

16. Дроны и беспилотные летательные аппараты / Агентство промышленного развития Москвы. Москва. 2020. – 54 с. URL: <https://investmoscow.ru/media/3341139/>

17. Лучшие профессиональные дроны для промышленных решений. Skymec. URL: <https://skymec.ru/blog/drone-use-cases/promyshlennost/professionalnye-drony-dlya-promyshlennykhresheniy/>

18. Порядок использования воздушного пространства Российской Федерации беспилотными воздушными судами (БВС). Система учета беспилотных воздушных судов. Система подачи планов полетов по сети интернет. Планирование полета БВС. URL: <https://gkovd.ru/services/bvs/>

19. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.03.2022 № 415 "О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 25 мая 2019 г. № 658".

20. Правила вида спорта «Легкая атлетика» (Утверждены приказом Министерства спорта Российской Федерации от 9 марта 2023 г. № 153). URL: https://rusathletics.info/wp-content/uploads/2023/03/pravila_legkaya_atletika_2023.pdf

21. Приказ от 16 декабря 2016 г. № 984/пр. Москва. Об утверждении свода правил. «Стадионы футбольные. Правила проектирования».

22. Проектирование механической части ВЛ – построение кривой провисания и определение стрел провисания. URL: <https://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/proektirovanie-mehnicheskoy-chastivl-4.html>

23. Разрешите взлёт: в России внесены поправки в закон о БПЛА. DJI Гид покупателя. URL: <https://www.djimsk.ru/guides/2020/02/10/v-rossii-veneseny-popravki-v-zakon-o-bpla/>

24. Симдянкин, А.А. Концепция выбора дрона для использования в туризме, включая rural tourism / А.А.Симдянкин. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 4. С. 161-169.

References

1. Alterozoom. Privyaznye drony (drony s vneshnim pitaniem). URL: <https://alterozoom.com/en/categories/5456.html>

2. Ayranci, Z. B. (2017). Use of Drones in Sports Broadcasting. *Ent. Sports L.* (3), 79–93.

3. Ayranci, Zehra Betul, Use of Drones in Sports Broadcasting (2017). 33 *Ent. & Sports Law, Issue 3*. 79, 93, 2017, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3559927>



4. CISA. Defend today, Secure tomorrow. Unauthorized drone activity over sporting venues. URL: https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/CISAUAS_Over_Sporting_Venues_01.25.2021_508.pdf
5. DJI Gid pokupatelya. Drony v bol'shom sporte. URL: <https://www.djimsk.ru/guides/2021/08/24/drony-v-bolshom-sporte/?ysclid=ln7lzxqch0282513353>
6. Ferreira, F. T., Cardoso, J. S., and Oliveira, H. P. (2015). "Video Analysis in Indoor Soccer Using a Quadcopter." in *Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods - Volume 1 (Lisbon, PortugalLda): SCITEPRESS - Science and Technology Publications*. doi:10.5220/0005206000770086
7. Frackiewicz, M. Ispol'zovanie dronov v sportivnom veshchani i osveshchenii v SMI (ot 06.06.2023). URL: <https://ts2.space.ru/>
8. Karungaru, S., Matsuura, K., Tanioka, H., Wada, T., and Gotoda, N. (2019). "Ground Sports Strategy Formulation and Assistance Technology Development: Player Data Acquisition from Drone Videos," in *2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 322–325.
9. Lee, J., Moon, S., Nam, D. W., Lee, J., Oh, A. R., Yoo, W., et al. "A Study on Sports Player Tracking Based on Video Using Deep Learning," in *2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, 1161–1163. doi:10.1109/ictc49870.2020.9289223
10. Reno, V., Mosca, N., Marani, R., Nitti, M., D'Orazio, T., and Stella, E. (2018, Convolutional Neural Networks Based Ball Detection in Tennis Games). 1839–18396. doi:10.1109/CVPRW.2018.00228
11. Russomanno TG, Blauberger P, Kolbinger O, Lam H, Schmid M and LamesM(2022) Drone-Based Position Detection in Sports – Validation and Applications. *Front. Physiol.* 13:850512. doi: 10.3389/fphys.2022.850512
12. Tilak, G. (2020). Drones and media industry. *RUDN Journal of Studies in Literature and Journalism*, 25(2), 360–366. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-9220-2020-25-2-360-366>
13. Torres-Ronda, L., Beanland, E., Whitehead, S., Sweeting, A., and Clubb, J. (2022). *Tracking Systems in Team Sports: A Narrative Review of Applications of the Data and Sport Specific Analysis*. *Sports Med. - Open* 8. doi:10.1186/s40798-022-00408-z
14. Walkera F420 Professional'nyj kvadrokopter s kameroy 6k. Internet-magazin kvadrokopterov. URL: <http://walkera.org/prof-droni/walkera-f420>
15. Bojko, A. Privyaznye bespilotniki. Osnovnye konstrukcii bespilotnikov. Katalog bespilotnikov. URL: <https://robotrends.ru/robopeedia/privyaznye-bespilotniki?ysclid=ln7m91iop3355261168>
16. Drony i bespilotnye letatel'nye apparaty / Agentstvo promyshlennogo razvitiya Moskvy. Moskva. 2020. – 54 s. URL: <https://investmoscow.ru/media/3341139/>
17. Luchshie professional'nye drony dlya promyshlennykh reshenij. Skymec. URL: <https://skymec.ru/blog/drone-use-cases/promyshlennost/professionalnye-drony-dlya-promyshlennykh-resheniy/>
18. Poryadok ispol'zovaniya vozdušnogo prostranstva Rossijskoj Federacii bespilotnymi vozdušnymi sudami (BVS). Sistema ucheta bespilotnykh vozdušnykh sudov. Sistema podachi planov poletov po seti internet. Planirovanie poleta BVS. URL: <https://gkovd.ru/services/bvs/>
19. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 19.03.2022 № 415 "O vnesenii izmenenij v postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 25 maya 2019 g. № 658".
20. Pravila vida sporta «Legkaya atletika» (Utverzhdeny prikazom Ministerstva sporta Rossijskoj Federacii ot 9 marta 2023 g. № 153). URL: https://rusathletics.info/wp-content/uploads/2023/03/pravila_legkaya_atletika_2023.pdf
21. Prikaz ot 16 dekabrya 2016 g. № 984/pr. Moskva. Ob utverzhdenii svoda pravil. «Stadiony futbol'nye. Pravila proektirovaniya».
22. Proektirovanie mekhanicheskoy chasti VL – postroenie krivoj provisaniya i opredelenie strel provisaniya. URL: <https://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/proektirovanie-mekhanicheskoy-chasti-vl-4.html>
23. Razreshite vzlyot: v Rossii vneseny popravki v zakon o BPLA. DJI Gid pokupatelya. URL: <https://www.djimsk.ru/guides/2020/02/10/v-rossii-vneseny-popravki-v-zakon-o-bpla/>
24. Simdyankin, A.A. Konceptiya vybora drona dlya ispol'zovaniya v turizme, vklyuchaya rural tourism / A.A.Simdyankin. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. 2022. T. 14. № 4. S. 161-169.

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 18.10.2023; одобрена после рецензирования 10.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 18.10.2023; approved after reviewing 10.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №4, с. 173-180
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №4, pp 173-180

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.22.018
DOI: 10.36508/RSATU.2023.96.45.024

КОНТАМИНАЦИЯ ИНДИКАТОРОВ ОЦЕНКИ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА И НАВОЗНЫХ СТОКОВ

Александр Владимирович Шемякин¹, Николай Владимирович Лимаренко², Иван Александрович Юхин³, Сергей Викторович Митрохин⁴, Александр Андреевич Кутыраев⁵

^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

² ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

¹ shem.alex62@yandex.ru

² limarenkodstu@yandex.ru

Исследование выполнено в рамках Госзадания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации на тему: «Совершенствование методов обеззараживания стоков сельскохозяйственных предприятий», номер государственного учёта в ЕГИСУ НИОКТР АААА-А16-116060910025-5.

Аннотация.

Проблема и цель. Эффективность исследования способов обеззараживания сложных органических систем значительно зависит от доступности и воспроизводимости выбранных индикаторов контаминации модельной среды; решение данной задачи является актуальной научно-практической проблемой. Целью данного исследования являлся выбор индикаторов состояния санитарно-эпидемиологических свойств свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков при их обсеменении. Объектами исследования являлись свиной бесподстилочный навоз влажностью 92 % и навозные стоки влажностью 99 %, предметом – индикаторы их санитарно-эпидемиологического состояния.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе трёх свинокомплексов Рязанской области с бесподстилочным содержанием свиней. В качестве исходного технологического материала использовался свежий свиной бесподстилочный навоз влажностью 92 % и навозные стоки влажностью 99 %. Сбор осуществлялся в период с апреля по ноябрь 2023 года, санитарно-бактериологические исследования проводились на базе ФГБУ Рязанская областная ветеринарная лаборатория.

Результаты. Получены аппроксимирующие функции, демонстрирующие волновой характер изменения выбранных индикаторов в климатический период и период соответствующего изменения кормовой базы. Доказана необходимость контаминации модельных сред выбранными индикаторами.

Заключение. В ходе проведённого исследования установлено, что контаминация является значимым мероприятием, обеспечивающим репрезентативность модельных сред при исследовании эффективности способов обеззараживания. Наиболее представительными биоиндикаторами контаминации оценки санитарно-эпидемиологических свойств свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков выбраны яйца гельминтов семейства *Ascaridae*, *Strogylata*, *Trichocephalata*, личинки гельминтов, род апикомплексных паразитов *Eimeria*, а также простейшие рода *Isospora*.

Ключевые слова: свиной бесподстилочный навоз, навозные стоки, контаминация, индикаторы санитарно-эпидемиологического состояния, обеззараживание

Для цитирования: Шемякин А.В., Лимаренко Н.В., Юхин И.А., Митрохин С.В., Кутыраев А.А. Контаминация индикаторов оценки санитарно-эпидемиологических свойств свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, № 4. С. 173-180 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.96.45.024>

Original article

CONTAMINATION OF INDICATORS FOR ASSESSING THE SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL PROPERTIES OF PIG LIQUID MANURE AND MANURE RUNOFF

Alexander V. Shemyakin¹, Nikolai V. Limarenko², Ivan A. Yukhin³, Sergey V. Mitrokhin⁴, Alexander A. Kutyrav⁵

© Шемякин А.В., Лимаренко Н.В., Юхин И.А., Митрохин С.В., Кутыраев А.А., 2023 г.



^{1,2,3,4,5} FGBOU Ryazan Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia
² FGBOU IN Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

¹ shem.alex62@yandex.ru

² limarenkodstu@yandex.ru

The research was carried out within the framework of the State Task of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the topic: "Improvement of methods of disinfection of wastewater from agricultural enterprises", state registration number in the USISU R&D AAAA16-116060910025-5.

Annotation.

Problem and purpose. The effectiveness of the study of methods of disinfection of complex organic systems significantly depends on the availability and reproducibility of the selected indicators of contamination of the model environment, the solution of this problem is an urgent scientific and practical problem. The purpose of this study was to select indicators of the state of sanitary and epidemiological properties of pig manure and manure runoff during their contamination. The objects of the study were pig manure with a moisture content of 92% and manure drains with a humidity of 99%, the subject was indicators of their sanitary and epidemiological condition.

Materials and methods. The study was conducted on the basis of three pig farms in the Ryazan region with a litter-free pig content. As the initial technological material, fresh pig manure with a moisture content of 92% and manure drains with a humidity of 99% were used. The collection was carried out in the period from April to November 2023, sanitary and bacteriological studies were carried out on the basis of the Ryazan Regional Veterinary Laboratory.

Results. Approximating functions have been obtained demonstrating the wave character of the change in the selected indicators during the climatic period and the corresponding change in the food supply. The necessity of contamination of model media with selected indicators is proved.

Conclusion. In the course of the study, it was found that contamination is a significant event that ensures the representativeness of model media in the study of the effectiveness of disinfection methods. Eggs of helminths of the Ascaridae family, Strogylata, Trichocephalata, helminth larvae, the genus of apicomplex parasites Eimeria, as well as protozoa of the genus Isospora were selected as the most representative bioindicators of contamination in assessing the sanitary and epidemiological properties of pig manure and manure runoff.

Key words: pig manure, manure runoff, contamination, indicators of sanitary and epidemiological status, disinfection

For citation: Shemyakin A.V., Limarenko N.V., Yukhin I.A., Mitrokhin S.V., Kutyaev A.A. Contamination of indicators for assessing the sanitary and epidemiological properties of pig manure and manure runoff // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol.15, N. 4. P.173-180 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.96.45.024>

Введение

Согласно Паспорту отраслевой программы «Применение вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в сфере сельского хозяйства на 2022-2030 годы» от 29.12.2022 (№ 16133п-П11), разработка новых и совершенствование имеющихся технических средств в части интенсификации обеззараживания навоза является приоритетной задачей. Ежегодный объём образования навоза в РФ согласно данным Росстата и Министерства сельского хозяйства превышает 45 млн. тонн. Порядка 60 % от данного значения составляет бесподстильный навоз и навозные стоки. Известно [1-4], что наибольшее распространение данный способ хозяйствования получил на свиноводческих комплексах ввиду их высоких производственных мощностей. Свиной бесподстильный навоз представляет собой полидисперсную систему влажностью $W = 88-98 \%$, навозные стоки – жидкость влажностью $W = 99 \%$ с физико-химически связанными патогенными и биогенными

элементами. Соответственно, для использования биогенного потенциала необходимо использовать прецизионные, адресные воздействия, направленные на инактивацию и лизис патогенных форм. Процессуально экологическая безопасность обеззараживания свиного бесподстильного навоза и навозных стоков регламентируется рядом нормативных документов: Федеральным законом № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства», РД-АПК 1.10.15.02-08 и другими. Однако, для эффективного выполнения требований РД-АПК 1.10.15.02-08 в части экологической нагрузки на био- и агроценозы, кроме естественного биотермического обеззараживания органических отходов в течение 12 месяцев в навозохранилищах с предварительным карантинированием, необходима разработка технической интенсификации лизиса патогенов. Интенсификация обеззараживания свиного бесподстильного навоза и навозных стоков минимизирует негативные влияния снижением загрязнения водных ресурсов путём предотвра-



щения вымывания патогенных веществ из навоза в природные водные источники; сокращает образующийся в ходе биотермического обеззараживания биогаз, что положительно влияет на поддержание климата и снижает риск распространения патогенов в почве. На рис. 1 представлен пример организации свинарника с бесподстилочным содержанием.



Рис. 1 – Пример свинарника с бесподстилочным содержанием

Fig. 1 – An example of a pigsty with unstitched contents

Анализ исследований [5-8] показал, что эффективным инструментом, позволяющим сократить затраты на НИОКР при исследовании эффективности способов обеззараживания свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков, является применение модельных сред. Важным фактором при создании модельных сред описанных систем является учёт их контаминационных особенностей. Контаминация – процесс внесения в исследуемый объект разного рода загрязнителей, таких как патогенные микроорганизмы, химические вещества, токсины и другие компоненты, способные оказывать влияние на окружающую среду, здоровье людей и животных. Контаминация может осуществляться как в результате естественных процессов, таких как биологическое разложение органических веществ в навозе, так и в результате воздействия внешних факторов, таких как загрязнение воды или воздуха, вызывающих изменения химического состава и микробиологической флоры. Кроме перечисленного, контаминация реализуется в лабораторных условиях при создании и последующем воспроизведении соответствующих модельных сред, что особенно важно при изучении эффективности методов обеззараживания и минимизации негативных воздействий на окружающую среду. Под контаминацией в данной работе понимается внесение патогенных форм, содержащихся в свежем бесподстилочном навозе и навозных стоках, в модельные системы. Согласно [5, 9, 10], модельные среды, воспроизводящие санитарно-эпидемиологические характеристики свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков, соз-

данные с использованием контаминации, позволяют наиболее прецизионно реализовать реальные условия, с которыми сталкиваются свиноводческие предприятия в части наличия различных видов микроорганизмов и химических компонентов. Создание модельных сред с известным уровнем контаминации позволяет стандартизировать условия эксперимента, что обеспечивает достаточно высокую степень воспроизводимости результатов и возможность сравнения эффективности различных способов обеззараживания в условиях единой градуировочной шкалы. Появляется возможность контролировать начальные уровни контаминации, что важно для анализа реального воздействия методов обеззараживания и оценки их эффективности, проводя исследования в условиях, минимизирующих экологические и санитарно-эпидемиологические риски. Таким образом, создание модельных сред с контаминацией представляет собой важный методологический подход, обеспечивающий точность, контроль и безопасность при оценке совершенствования способов обеззараживания свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков. Обобщая проведённый анализ, установили, что создание модельных сред с помощью контаминации необходимо по следующим причинам:

- обеспечение репрезентативности и реалистичности;
- создание стандартизированных и воспроизводимых условий;
- возможность гибкого контроля параметров санитарно-эпидемиологической безопасности;
- безопасность;
- экономическая целесообразность.

Однако для реализации контаминации модельных сред, воспроизводящих санитарно-эпидемиологические свойства свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков, необходимо понимание представительных индикаторов состояния, выбор которых является актуальной научно-практической задачей.

Цель исследования – выбор индикаторов состояния санитарно-эпидемиологических свойств свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков при их обсеменении.

Объектом исследования являются свиной бесподстилочный навоз влажностью (далее W) 92 % и навозные стоки $W = 99$ %, предметом – индикаторы их санитарно-эпидемиологического состояния.

Материалы и методы

Анализ информационных источников [11-14], интервьюирование ветеринарных врачей и работников свинокомплексов, позволили выделить следующие группы микроорганизмов, жизнедеятельность которых является представительным индикатором санитарно-эпидемиологических свойств свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков: *Ascaridae*, *Strongylida*, *Trichocephalata*, цисты и личинки гельминтов. Известно, что *Ascaridae*, *Strongylida* представляют собой крупные кишечные нематоды, инфицирующие пищевой тракт человека и других желудочных



животных паразитами. Установлено, что наиболее перспективным является рассмотрение соотношения числа жизнеспособных форм к общему количеству экземпляров. На рис. 2 представлен пример забора свежего свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков на свиномкомплексе для последующей транспортировки в ФГБУ Рязанская областная ветеринарная лаборатория.



Рис. 2 – Отбор проб для транспортировки в лабораторию

Fig. 2 – Sampling for transportation to the laboratory

Важным этапом при выборе индикаторов оценки контаминации является способ исследования эффективности обеззараживания. В результате проведенных исследований и анализа, было выбрано совместное воздействие механических колебаний на частоте ультразвука и пероксида водорода (H_2O_2). На основании проведенного анализа источников [15-21], а также предварительных лабораторных исследований сформулированы следующие механизмы лизиса и инактивации выбранных индикаторов, подтверждающие их репрезентативность и представительность при совместном воздействии на них ультразвука и пе-

роксида водорода. Известно, что механическое воздействие ультразвука вызывает механические колебания в тканях гельминтов, приводя к деформации и разрыву клеточных мембран. Образующиеся в результате данных механических колебаний волны способны вызывать микротечения внутри клеток, вызывающие физическое повреждение их структуры. Совместное химическое воздействие H_2O_2 в данной системе вызывает реакцию, направленную на разложение H_2O_2 , сопровождаемое образованием активных форм кислорода OH и O_2 , вызывающих окисление белков, липидов и нуклеиновых кислот, находящихся в составе гельминтов. Кроме этого, продукты разложения H_2O_2 способны атаковать клеточные мембраны гельминтов, нарушая их целостность. В работах [16, 18, 21] также описаны термические эффекты, возникающие при воздействии механических колебаний на частоте ультразвука, вызывающих локальное повышение температуры в тканях, повреждающее клетки гельминтов и денатурацию их белков. Согласно данным [5, 7, 15, 20, 22], комбинарованные физико-химические воздействия при обеззараживании жидких сред органической природы обладают синергетическим эффектом, суть которого заключается в усилении совместного действия и повышении общей эффективности обеззараживания.

Результаты и их обсуждение

После забора свежего свиного бесподстилочного навоза с $W = 92\%$ и навозных стоков с $W = 99\%$, проведения санитарно-бактериологических исследований в лабораторных условиях, первичной статистической обработки данных были получены результаты, представленные в таблицах 1 и 2, позволяющие оценить число жизнеспособных форм выбранных индикаторов.

Таблица 1 – Результаты контаминации жизнеспособных индикаторов санитарно-эпидемиологических свойств свежего свиного бесподстилочного навоза влажностью $W = 92\%$

№	Параметр	Пр. 1	Пр. 2	Пр. 3	Пр. 4	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 7	Пр. 8	Пр. 9	Пр. 10
1	Сем. <i>Ascaridae</i> , экз/1 кг.	110	210	180	170	40	50	120	90	110	50
2	<i>Strogylata</i> , экз/1 кг.	50	95	470	90	60	50	75	60	170	40
3	<i>Trichocephalata</i> , экз/1 кг.	130	30	110	70	110	110	30	90	90	70
4	Лечинки гельминтов, экз/1 кг.	50	30	250	100	30	50	20	50	80	42
5	Род <i>Eimeria</i> , экз/100 гр.	64	40	40	60	30	49	50	57	65	58
6	Род <i>Isospora</i> , экз/100 гр.	90	80	100	100	60	40	60	30	41	38

Таблица 2 – Результаты контаминации жизнеспособных индикаторов санитарно-эпидемиологических свойств навозных стоков влажностью $W = 99\%$

№	Параметр	Пр. 1	Пр. 2	Пр. 3	Пр. 4	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 7	Пр. 8	Пр. 9	Пр. 10
1	Сем. <i>Ascaridae</i> , экз/1 кг.	96	183	157	148	35	44	104	78	96	44
2	<i>Strogylata</i> , экз/1 кг.	45	86	423	81	54	45	68	54	153	36
3	<i>Trichocephalata</i> , экз/1 кг.	108	25	91	58	91	91	25	75	75	58
4	Лечинки гельминтов, экз/1 кг.	43	26	215	86	26	43	17	43	69	36
5	Род <i>Eimeria</i> , экз/100 гр.	54	34	34	51	26	42	43	48	55	49
6	Род <i>Isospora</i> , экз/100 гр.	86	76	95	95	57	38	57	29	39	36



Анализ первичных результатов лабораторных исследований позволил построить графическую интерпретацию, представленную на рисунке 3 для $W = 92\%$, на рисунке 4 для $W = 99\%$. Графическая интерпретация также включает результаты прямого микропирования, показывающие уровень бактериальной обсеменённости исследуемого технологического материала

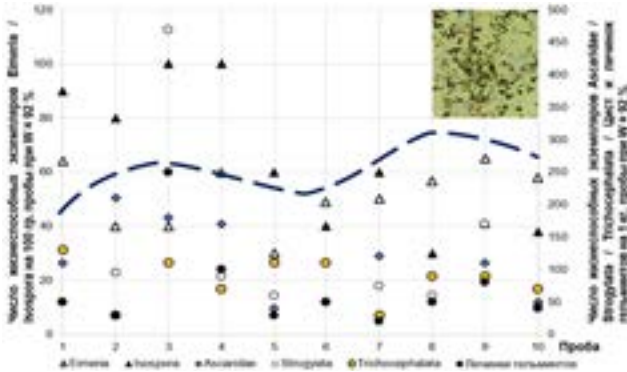


Рис. 3 – Распределение жизнеспособных экземпляров выбранных индикаторов в свежем свином бесподстилочном навозе при влажности 92 % в зависимости от пробы

Fig. 3 – Distribution of viable specimens of selected markers in fresh pig manure at 92% humidity, depending on the sample

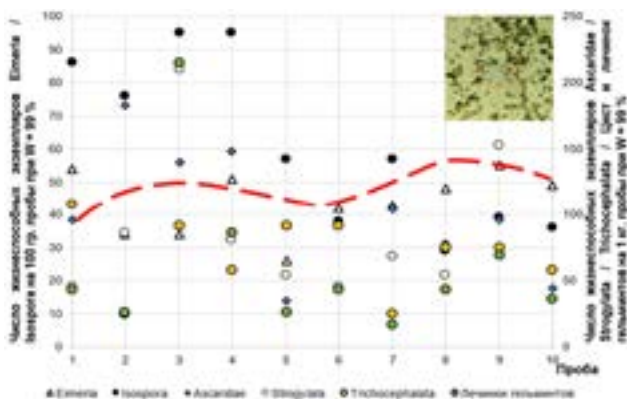


Рис. 4 – Распределение жизнеспособных экземпляров выбранных индикаторов в свежих навозных стоках влажностью 99 % в зависимости от пробы

Fig. 4 – Distribution of viable specimens of selected markers in fresh manure drains with a humidity of 99%, depending on the sample

По анализу первичных результатов лабораторного санитарно-бактериологического исследования свежего свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков были построены обобщающие аппроксимирующие функции, представленные на рисунках 3 и 4 пунктирными линиями: синей для $W = 92\%$ и красной для $W = 99\%$. При формировании исходных данных осуществлялся сбор технологического материала на свиноккомплексах с бесподстилочным содержанием, расположенных в Рязанском, Захаровском районах Рязанской области. Забор проб осуществлялся на протя-

жении апреля -ноября 2023 года, что позволило сформировать репрезентативное представление о свойствах с учётом изменения кормовой базы и других факторов содержания свиней. Забор проб осуществлялся параллельно на каждом из свиноккомплексов с периодичностью 2 недели. Всего при проведении лабораторных исследований составлено 84 протокола. Анализ полученных аппроксимирующих функций показал волновой характер изменения выбранных индикаторов: в зависимости от кормовой базы, обусловленной климатическим периодом, температурой содержания животных, изменяется и уровень бактериальной обсеменённости продуктов жизнедеятельности. Соответственно, энергозатраты, необходимые для их обеззараживания, также будут варьироваться в зависимости от приведённых факторов, а обоснование параметров устройств дезинфекции требует дополнительных научных исследований. При этом выбранные индикаторы являются репрезентативными и могут быть использованы при контаминации модельных сред.

На рисунке 5 представлена лепестковая диаграмма, обобщающая разность жизнеспособных форм выбранных индикаторов относительно их общего числа, исходя из объёма 100 г для свежего свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков.

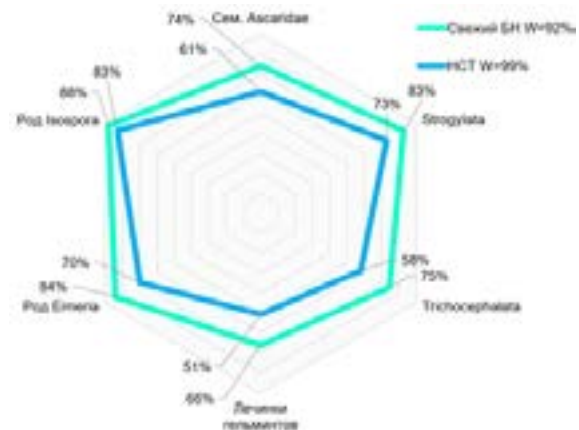


Рис. 5 – Соотношение жизнеспособных форм индикаторов санитарно-эпидемиологического состояния свежего бесподстилочного навоза и навозных стоков к общему числу экземпляров на 100 г технологического материала

Fig. 5 – The ratio of viable forms of indicators of the sanitary and epidemiological state of fresh manure and manure runoff to the total number of specimens per 100 grams of technological material

Заключение.

В ходе проведённых исследований получены следующие результаты.

Наиболее представительными биоиндикаторами контаминации оценки санитарно-эпидемиологических свойств свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков выбраны яйца гельминтов семейства Ascaridae, Strogylata, Trichocephalata, личинки гельминтов, род апикомплексных парази-



тов Eimeria, простейшие рода Isospora.

Установлено расхождение отношения количества жизнеспособных форм к общему числу экземпляров в свежем свином бесподстилочном навозе влажностью 92 % и в свиных навозных стоках влажностью 99 %. Экспериментально определено, что увеличение влажности среды приводит к снижению числа жизнеспособных форм относительно общего количества.

Использование данных индикаторов позволит оценить санитарно-эпидемиологическую эффективность воздействий, интенсифицирующих обеззараживание свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков при контаминации модельных сред и их последующем воспроизведении в лабораторных условиях.

Список источников

1. Брюханов, А.Ю. Методы решения экологических проблем в сельскохозяйственном производстве / А.Ю. Брюханов, В.Д. Попов, Э.В. Васильев // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. – № 65. – С. 167-171.

2. Захарова, О.А. Санитарно-бактериологическое состояние поверхностных вод в зоне влияния свиного комплекса / О.А. Захарова, О.В. Черкасов, О.В. Евдокимова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2023. – Т.15, №1. – С.39-47.

3. Васильев, Э.В. Методика оценки технологий переработки жидкого навоза / Э.В. Васильев, Е.В. Шалавина // Техника и технологии в животноводстве. – 2022. – № 3 (47). – С. 69-77.

4. Головкин, А.Н. Эколого-экономическая модель технологического процесса получения, переработки жидкого навоза и применения полученных удобрений / А.Н. Головкин, А.М. Бондаренко, А.В. Хаценко // Дальневосточный аграрный вестник. – 2022. Т. 16. – № 3. – С. 81-88.

5. Борычев, С.Н. Моделирование влияния влажности бесподстилочного навоза на уровень его санитарно-эпидемиологической нагрузки / С.Н. Борычев [и др.] // Вестник Рязанского агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – Рязань. – 2021. – № 2. – С. 79-87.

6. Тюрин, В.Г. Современные способы обеззараживания органических отходов животноводства / В.Г. Тюрин [и др.] // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2021. – № 2. – С. 175-182.

7. Косенко, Т.Г. Оценка технологических процессов по переработке и утилизации отходов животноводства / Т.Г. Косенко // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства. – 2023. – С. 69-72.

8. Донник, И.М. Структура условно-патогенной микрофлоры на животноводческих предприятиях различного профиля / И.М. Донник [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2019. – № 5. – С. 18-21.

9. Климова, Е.С. Контаминация предметов окружающей среды ооцистами эймерий / Е.С. Климова [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1.

– С. 36-41.

10. Строганова, И.Я. Инфекционные и инвазионные агенты-потенциальные источники контаминации навоза свиней / И.Я. Строганова, Н.В. Донкова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 12. – С. 155-160.

11. Бирюков, К.Н. Динамика изменения численности микроорганизмов в навозе при активной его ферментации / К.Н. Бирюков, Н.В. Родионова // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии. – 2020. – С. 147-148.

12. Измайлов, А.Ю. Адсорбционно-окислительная технология переработки сточных вод предприятий агропромышленного комплекса / А.Ю. Измайлов [и др.] // Вестник Мордовского университета. – 2018. – № 2 (28). – С. 207-221.

13. Byshov, N.V. Ecological and technological criteria for the efficient utilization of liquid manure / N.V. Byshov [et al] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. DOI:10.1088/1755-1315/422/1/012069. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42878732>

14. Бетин, А.Н. Утилизация навозных стоков животноводческих предприятий с целью улучшения экологии окружающей среды / А.Н. Бетин [и др.] // Эффективное животноводство. – 2021. – № 6 (172). – С. 96-98.

15. Дрововозова, Т.И. Исследование бактерицидной активности пероксида водорода в сточных водах / Т.И. Дрововозова, Н.Н. Паненко, Е.С. Кулакова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 7-4 (49). – С. 18-21.

16. Буланин, В.А. Обеззараживание и утилизация свиного навоза кавитационным способом / В.А. Буланин // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2021. – С. 55-61.

17. Колесникова, Т.А. Оптимизация параметров реагентного фракционирования жидких отходов свиного комплекса / Т.А. Колесникова, М.А. Куликова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2023, Т.15. – № 2. – С. 23-29.

18. Курбатов, А.Ю. Кавитационное обеззараживание воды / Курбатов А.Ю., Ветрова М.А., Ситников И.А., Ситников А.В. // Успехи в химии и химической технологии. – 2021. – № 12 (247). – С. 91-93.

19. Сиволобова, Н.О. Обеззараживание воды комплексной электрохимической обработкой с использованием пероксида водорода / Н.О. Сиволобова [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 7 (103). – С. 293-302.

20. Гащин, О.Р. Комплексное воздействие гидродинамической кавитации, пероксида водорода и ионов серебра на микроорганизмы Escherichia coli / О.Р. Гащин, Т.Н. Витенько // Химия и технология воды. – 2011. – № 33, № 4. – С. 451-461.

21. Тюрин, В.Г. Выживаемость индикаторных санитарно-показательных микроорганизмов в органических отходах животноводства при аэробной твердофазной их ферментации / В.Г. Тюрин, Н.В.



Родионова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. – 2020. – Т. 241. – №. 1. – С. 207-211.

22. Тремасова, А.М. Использование микроорганизмов-деструкторов для биодеградации органи-

ческих отходов в объектах сельскохозяйственного назначения / А.М. Тремасова [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. – 2019. – Т. 238. – №. 2. – С. 206-211.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Bryuhanov, A.YU. *Metody resheniya ekologicheskikh problem v sel'skohozyajstvennom proizvodstve* / A.YU. Bryuhanov, V.D. Popov, E.V. Vasil'ev // *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*. – 2023. – № 65. – S. 167-171.
2. Zaharova, O.A. *Sanitarno-bakteriologicheskoe sostoyanie poverhnostnykh vod v zone vliyaniya svinokompleksa* / O.A. Zaharova, O.V. Cherkasov, O.V. Evdokimova // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva*. – 2023. – T.15, №1. – S 39-47.
3. Vasil'ev, E.V. *Metodika ocenki tekhnologij pererabotki zhidkogo navoza* / E.V. Vasil'ev, E.V. SHalavina // *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve*. – 2022. – № 3 (47). – S. 69-77.
4. Golovko, A.N. *Ekologo-ekonomicheskaya model' tekhnologicheskogo processa polucheniya, pererabotki zhidkogo navoza i primeneniya poluchennykh udobrenij* / A.N. Golovko, A.M. Bondarenko, A.V. Hacenko // *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. – 2022. T. 16. – № 3. – S. 81-88.
5. Borychev, S.N. *Modelirovanie vliyaniya vlazhnosti bespodstilochnogo navoza na uroven' ego sanitarno-epidemiologicheskoy nagruzki* / S.N. Borychev [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – Ryazan'. – 2021. – №. 2. – S. 79-87.
6. Tyurin, V.G. *Sovremennye sposoby obezzarazhivaniya organicheskikh othodov zhivotnovodstva* / V.G. Tyurin [i dr.] // *Rossijskij zhurnal Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii*. – 2021. – №. 2. – S. 175-182.
7. Kosenko, T.G. *Ocenka tekhnologicheskikh processov po pererabotke i utilizacii othodov zhivotnovodstva* / T.G. Kosenko // *Resursosberegayushchie tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. – 2023. – S. 69-72.
8. Donnik, I.M. *Struktura uslovno-patogennoj mikroflory na zhivotnovodcheskikh predpriyatiyah razlichnogo profilya* / I.M. Donnik [i dr.] // *Veterinariya Kubani*. – 2019. – №. 5. – S. 18-21.
9. Klimova, E.S. *Kontaminatsiya predmetov okruzhayushchej sredy oocistami ejmerij* / E.S. Klimova [i dr.] // *Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2020. – №. 1. – S. 36-41.
10. Stroganova, I.YA. *Infekcionnye i invazionnye agenty-potencial'nye istochniki kontaminatsii navoza svinej* / I.YA. Stroganova, N.V. Donkova // *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2015. – №. 12. – S. 155-160.
11. Biryukov, K.N. *Dinamika izmeneniya chislennosti mikroorganizmov v navoze pri aktivnoj ego fermentacii* / K.N. Biryukov, N.V. Rodionova // *Biotekhnologiya v rastenievodstve, zhivotnovodstve i sel'skohozyajstvennoj mikrobiologii*. – 2020. – S. 147-148.
12. Izmajlov, A.YU. *Adsorbcionno-okislitel'naya tekhnologiya pererabotki stochnykh vod predpriyatij agropromyshlennogo kompleksa* / A.YU. Izmajlov [i dr.] // *Vestnik Mordovskogo universiteta*. – 2018. – № 2 (28). – S. 207-221.
13. Byshov, N.V. *Ecological and technological criteria for the efficient utilization of liquid manure* / N.V. Byshov [et al] // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. – 2020. DOI:10.1088/1755-1315/422/1/012069. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42878732>
14. Betin, A.N. *Utilizatsiya navoznykh stokov zhivotnovodcheskikh predpriyatij s cel'yu uluchsheniya ekologii okruzhayushchej sredy* / A.N. Betin [i dr.] // *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. – 2021. – №. 6 (172). – S. 96-98.
15. Drovovozova, T.I. *Issledovanie baktericidnoj aktivnosti peroksida vodoroda v stochnykh vodah* / T.I. Drovovozova, N.N. Panenko, E.S. Kulakova // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. – 2016. – №. 7-4 (49). – S. 18-21.
16. Bulanin, V.A. *Obezzarazhivanie i utilizatsiya svinogo navoza kavitacionnym sposobom* / V.A. Bulanin // *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovacii*. – 2021. – S. 55-61.
17. Kolesnikova, T.A. *Optimizatsiya parametrov reagentnogo frakcionirovaniya zhidkikh othodov svinokompleksa* / T.A. Kolesnikova, M.A. Kulikova // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva*. – 2023, T.15. – № 2. – S 23-29.
18. Kurbatov, A.YU. *Kavitacionnoe obezzarazhivanie vody* / Kurbatov A.YU., Vetrova M.A., Sitnikov I.A., Sitnikov A.V. // *Uspekhi v himii i himicheskoy tekhnologii*. – 2021. – № 12 (247). – S. 91-93.
19. Sivolobova, N.O. *Obezzarazhivanie vody kompleksnoj elektrohimicheskoy obrabotkoj s ispol'zovaniem peroksida vodoroda* / N.O. Sivolobova [i dr.] // *Inzhenernyj vestnik Dona*. – 2023. – № 7 (103). – S. 293-302.



20. Gashchin, O.R. *Kompleksnoe vozdejstvie gidrodinamicheskoy kavitacii, peroksida vodoroda i ionov serebra na mikroorganizmy Escherichia coli* / O.R. Gashchin, T.N. Viten'ko // *Himiya i tekhnologiya vody*. – 2011. – №. 33, № 4. – S. 451-461.

21. Tyurin, V.G. *Vyzhivaemost' indikatornyh sanitarno-pokazatel'nyh mikroorganizmov v organicheskikh othodah zhivotnovodstva pri aerobnoj tverdogfaznoj ih fermentacii* / V.G. Tyurin, N.V. Rodionova // *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. NE Baumana*. – 2020. – T. 241. – №. 1. – S. 207-211.

22. Tremasova, A.M. *Ispol'zovanie mikroorganizmov-destruktorov dlya biodegradacii organicheskikh othodov v ob'ektah sel'skohozyajstvennogo naznacheniya* / A.M. Tremasova [i dr.] // *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. NE Baumana*. – 2019. – T. 238. – №. 2. – S. 206-211.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Шемякин Александр Владимирович, д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, shem.alex62@yandex.ru

Лимаренко Николай Владимирович, д-р. техн. наук, профессор кафедры приборостроения и биомедицинской инженерии, ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, профессор кафедры технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО «РГАТУ им. П.А. Костычева», limarenkodstu@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ivan.uspensckij@yandex.ru

Митрохин Сергей Викторович, аспирант кафедры технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Кутыраев Александр Андреевич, студент кафедры технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kutyraev@bk.ru

Author information

Shemyakin Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, shem.alex62@yandex.ru

Limarenko Nikolay V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Instrumentation and Biomedical Engineering, Don State Technical University, Professor of the Department of Technical Operation of Transport, P.A. Kostychev Russian State Technical University, limarenkodstu@yandex.ru

Uspensky Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ivan.uspensckij@yandex.ru

Mitrokhin Sergey V., postgraduate student of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev

Kutyraev Alexander A., student of the Department of Technical Operation of Transport, kutyraev@bk.ru

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 8.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 28.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.198
DOI: 10.36508/RSATU.2023.36.21.025

ХРОМИРОВАНИЕ РЕЖУЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ УБОРОЧНЫХ МАШИН

Александр Владимирович Шемякин¹, Евгений Васильевич Пухов², Иван Алексеевич Успенский³, Юрий Александрович Стекольников⁴, Георгий Константинович Рембалович⁵

^{1,2,3,5} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

⁴ ФГБОУ «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», г. Елец, Россия

¹ shem.alex62@yandex.ru

² putma231@yandex.ru

³ ivan.uspensckij@ya.ru

⁴ chemic57@mail.ru

⁵ rgk.rgatu@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Техника по мере эксплуатации вырабатывает свой ресурс, который необходимо поддерживать и продлевать ремонтами. Наибольший износ характерен для деталей специального оборудования. Одним из актуальных направлений исследований является использование малоконцентрированных электролитов в практике ремонта, что позволяет улучшить экологию окружающей среды и снизить вредные выбросы по стокам и в атмосферу. Цель исследования – разработка технологии хромирования для уменьшения износа режущих органов уборочных машин.

Методология. Исследование износа сегментов режущего аппарата уборочного комбайна ДОН-1500Б размерами 5x8x30 мм проводилось на машине трения СМЦ-2 без и с предварительно нанесенным покрытием при сочетании уровней планирования согласно методу Бокса-Уилсона, плана отсеивания Плакатта-Бернана. Проведены исследования хромированных и нехромированных сегментов на установке вращения (1200-1500 оборотов) в емкости с песчаным грунтом (абразив), с частотой 120-150 мин⁻¹, с взвешиванием образцов до и после эксперимента с целью определения коэффициентов регрессии уравнений физико-механических свойств, величин доверительных интервалов.

Результаты. Определены оптимальные условия хромирования для получения износостойких покрытий. При одновременном увеличении температуры и плотности тока с 40° С и 40 А/дм² до 80° С и 80 А/дм² микротвердость покрытий (измерена по величине отпечатка алмазной пирамиды) увеличивается до 12 ГПа. Из анализа матрицы результатов кругового восхождения следует, что минимальный износ (365 мг) получен при T=62° С, D_к=60-62 А/дм², толщине покрытия хромом 28 мкм.

Заключение. Использование малоконцентрированных электролитов в практике ремонта позволяет улучшить экологию окружающей среды и снизить вредные выбросы по стокам и в атмосферу в 10-15 раз (по данным анализа в воздухе и стоках соединений хрома при покрытии хромом 25 м² на толщину 8 мкм). Оценены выход по току, скорость осаждения, микротвердость покрытий хромом.

Ключевые слова: условия хромирования, стойкость к износу, выход по току, скорость осаждения, микротвердость хромовых покрытий

Для цитирования: Шемякин А.В., Пухов Е. В., Успенский И.А., Стекольников Ю.А., Рембалович Г.К. Хромирование режущих рабочих органов уборочных машин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2023, Т.15, № 4. С. 181-186 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.36.21.025>

Original article

CHROME PLATING OF CUTTING WORKING PARTS OF HARVESTING MACHINES

Alexander V. Shemyakin¹, Evgeny V. Pukhov², Ivan A. Uspensky³, Yuri A. Stekolnikov⁴, Georgy K. Rembalovich⁵



^{1,2,3,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

⁴ Federal State Educational Institution of Higher Education "Yelets State University named after I.A. Bunin". Yelets, Russia

¹ shem.alex62@yandex.ru

² puma231@yandex.ru

³ ivan.uspensckij@ya.ru

⁴ chemic57@mail.ru

⁵ rgk.rgatu@yandex.ru

Annotation.

Problem and purpose. As equipment is used, it exhausts its service life, which must be maintained and extended through repairs. The greatest wear is typical for parts of special equipment. One of the current areas of research is the use of low-concentrated electrolytes in repair practice, which can improve the environment and reduce harmful emissions through drains and into the atmosphere. The purpose of the research is to develop chrome plating technology to reduce wear on the cutting parts of harvesting machines.

Methodology. A study of the wear of segments of the cutting apparatus of the DON-1500B harvester with dimensions of 5x8x30 mm was carried out on an SMTs-2 friction machine without and with a pre-coated coating using a combination of planning levels according to the Box-Wilson method and the Placatt-Bernan screening plan. Studies of chrome-plated and non-chrome-plated segments were carried out on a rotation installation (1200-1500 revolutions) in a container with sandy soil (abrasive) with a frequency of 120-150 min⁻¹ with weighing of samples before and after the experiment in order to determine the regression coefficients of the equations of physical and mechanical properties, quantities confidence intervals.

Results. The optimal conditions for chrome plating to obtain wear-resistant coatings have been determined. With a simultaneous increase in temperature and current density from 40° C and 40 A/dm² to 80° C and 80 A/dm², the microhardness of the coatings (measured by the size of the diamond pyramid imprint) increases to 12 GPa. From the analysis of the matrix of steep ascent results, it was found that the minimum wear (365 mg) was obtained at T = 62 °C, Dk = 60-62 A/dm², and a chromium coating thickness of 28 microns.

Conclusion. The use of low-concentrated electrolytes in repair practice makes it possible to improve the ecology of the environment and reduce harmful emissions through wastewater and into the atmosphere by 10-15 times (according to the analysis of chromium compounds in the air and wastewater when covering 25m² of chromium to a thickness of 8 microns). The current efficiency is estimated, deposition rate, microhardness of chromium coatings.

Key words: chrome plating conditions, wear-resistant coatings, wear resistance, current output, deposition rate, microhardness of chromium coatings.

For citation: Shemyakin A.V., Pukhov E. V., Uspensky I.A., Stekolnikov Yu. A., Rembalovich G. K. Chrome plating of cutting working parts of harvesting machines // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023, Vol. 15, N.4. P. 181-186 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.36.21.025>

Введение

Опыт эксплуатации сельскохозяйственных машин показывает, что их работоспособность в значительной мере определяется не поломками, а незначительными изменениями размеров, формы и свойств поверхностного слоя деталей. Техника по мере эксплуатации вырабатывает свой ресурс, который необходимо поддерживать и продлевать ремонтами. Наибольший износ характерен для деталей специального оборудования. Одним из вариантов устранения дефектов является восстановление изношенных деталей до размеров новых с улучшением физико-механических свойств, что позволяет сократить время простоя неисправных машин и оборудования, улучшить показатели надежности использования машин. Сроки фактической эксплуатации уборочных машин и тракторов превышают нормативы в 2-3 раза. Доля зерноуборочных комбайнов со сроком службы до 3 лет по РФ составляет 9 %, до 8 лет – 13,7 %, до 9 и более лет – 77,3 %. Поставки новой техники не обеспечивают модернизацию отрасли, так как они лишь частично приоткрывают сокращение парка машин у сельхозпроизводителей. Технически при восстановлении геометрии деталей необходимо

обеспечить высокое качество ремонта деталей ходовой части, корпусных и базовых деталей блоков цилиндров, коленчатых и распределительных валов, корпусов трансмиссий. Важным преимуществом восстановительного ремонта является малая металлоемкость в сравнении с изготовлением новых деталей, меньшая себестоимость, возможность не только восстанавливать ресурс машин, а в некоторых случаях значительно повысить [1-5].

В конструкции уборочных машин имеются детали, у которых абразивный износ является основным видом износа или сопутствующим другим видам износа. Режущие кромки рабочих органов уборочных машин в процессе эксплуатации быстро изнашиваются, что сопровождается нарушением агротехнологических требований, приводит к увеличению затрат и потерь урожая при уборке, снижению производительности труда, простоям техники из-за замены, заточки изношенных элементов.

Ресурс рабочих органов режущих аппаратов можно увеличить упрочнением их поверхностей гальваническими покрытиями. Уникальная износостойкость хромовых покрытий обусловлена их высокой твердостью и прочностью сцепления с



основой, химической стойкостью, низким коэффициентом трения. Цель исследования – разработка технологии хромирования для уменьшения износа режущих органов уборочных машин. При этом использование малоцентрированных электролитов хромирования позволяет разрабатывать экономичные и экологически щадящие технологии ремонта изношенных деталей. Износостойкость осадков хрома зависит от прочности сцепления кристаллитов хрома между собой, микротвердости, структуры, состава электролитов, прочности сцепления с основой детали, форм поляризующего тока.

Материалы и методики эксперимента

Исследование износа сегментов режущего аппарата уборочного комбайна ДОН-1500Б размерами 5x8x30 мм проводилось на машине трения СМЦ-2 без и с предварительно нанесенным покрытием при сочетании уровней планирования согласно методу Бокса-Уилсона, плана отсеивания Плакатта-Бернана. В уравнениях регрессии при реализации крутого восхождения не учитывались факторы, отсеянные по плану априорного ранжирования. Образцы, закрепленные в патроне машины, после 1200 циклов вращения в прижатом к абразивному бруску состоянии изымались с дальнейшим взвешиванием и замером высоты образцов. Относительная износостойкость определялась как отношение

$$\sigma = h_0 / h, \quad (1)$$

где h_0 – линейный износ эталона (сталь 45),
 h – линейный износ образца, мм.

В работе использовался малоцентрированный электролит хромирования следующего состава (г/л): $\text{CrO}_3(150) + \text{H}_2\text{SO}_4(1,5) + \text{кристаллический фиолетовый}(1,0)$. Проведены исследования хромированных и нехромированных сегментов на установке вращения (1200-1500 оборотов) в емкости с песчаным грунтом (абразив) с частотой 120-150 мин⁻¹ с взвешиванием образцов до и после эксперимента с целью определения коэффициентов регрессии уравнений физико-механических свойств, величин доверительных интервалов. С целью поиска оптимального режима хромирования определялись зависимости отклика от факторов, реализуемых в виде поверхности отклика. Значимость коэффициентов регрессии оценивали по критерию Стьюдента, уровень значимости 15%. Результаты обрабатывали с помощью программ Microsoft Excel 2007, Statgraphics centurion 15.2 11.0. Проводились эксплуатационные исследования износостойкости сегментов режущего аппарата комбайна Ростов-Дон 1500Б, хромированных с тыльной, лицевой стороны, с обеих сторон в сравнении с нехромированными, в натурных испытаниях при уборке 400 га яровой пшеницы «Проخورовка».

Результаты и обсуждение и их обсуждение

На рисунках 1-4 показано изменение физико-механических свойств хромовых покрытий.

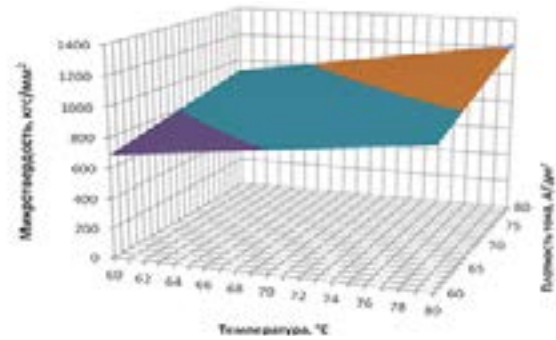


Рис. 1 – Изменение микротвердости покрытий хромом от плотности тока и температуры

Fig. 1 – The change in the microhardness of chromium coatings from the current density and temperature

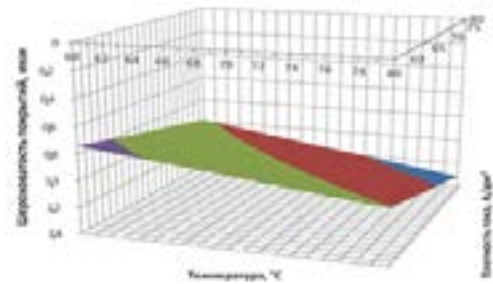


Рис. 2 – Зависимость шероховатости (Ra) от параметров осаждения

Fig. 2 – Dependence of roughness (Ra) on deposition parameters

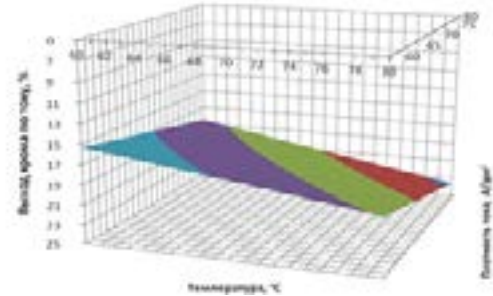


Рис. 3 – Изменение выхода по току хрома от параметров электролиза

Fig. 3 – Change in chromium current output from electrolysis parameters

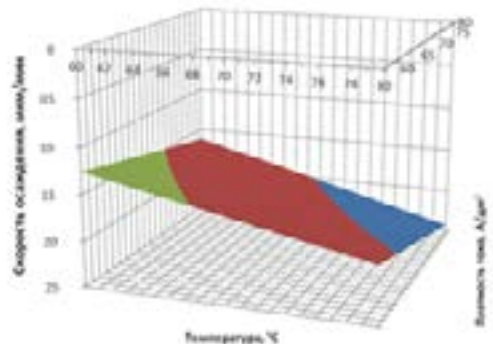


Рис. 4 – Изменение скорости осаждения хрома от параметров электроосаждения хрома

Fig. 4 – Change of chromium deposition rate from chromium electrodeposition parameters



На основании лабораторных экспериментов установлено, что износостойкость хромированных сегментов зависит от плотности тока осаждения (40-90 А/дм²) и толщины наносимого слоя (10-50 мкм), температуры ванны хромирования (50-80° С); оказывает влияние термообработка до и после нанесения хромового покрытия (от 200 до 400° С в течение часа), шероховатость поверхности, концентрация электролита. Увеличение толщины покрытия, плотности тока, температуры электролита как по отдельности, так и в совокупности приводит к уменьшению износа. Из экспериментальных результатов следует, что необходимо обращать внимание на задаваемую плотность тока, т.к. при ее значениях свыше 65 А/дм² наступает обгорание режущих кромок образцов. При одновременном увеличении температуры и плотности тока с 40° С и 40 А/дм² до 80° С и 80 А/дм² микротвердость покрытий (измерена по величине отпечатка алмазной пирамиды) увеличивается до 12 ГПа.

Из анализа матрицы результатов крутого восхождения следует, что минимальный износ (365 мг) получен при $T=62^{\circ}\text{C}$, $D_k=60-62\text{ А/дм}^2$, толщине покрытия хромом 28 мкм. Покрытия, полученные при оптимальных условиях, имеют кристаллическое однородное строение, что подтверждается данными растровой электронной микроскопии поверхности осадков хрома. Если использовать вышеуказанный электролит с добавкой 7 г/л Na_2WO_4 , то при тех же параметрах электролиза покрытие сплавом Cr-W (ат. % 1,5) является наиболее износостойким при толщине 25 мкм. Близкие результаты получены в работах [6-9]. В работах [6-8] показано, что скорость затупления хромированных ножей косилки КРН-2,1 в стандартном электролите хромирования ниже нехромированных в 1,83 раза примерно при тех же параметрах электролиза, а коррозионная стойкость выше в 2,8-3,2 раза. Износостойкость хромированных образцов сегментов как с низовой, так и с тыльной стороны в 1,3-1,4 раза, а с двух сторон в 2,2-2,3 раза выше, чем у нехромированных, как показали исследования при скашивании яровой пшеницы «Прохоровка» на площади 400 га.

По данным растрового микроанализа все полученные осадки хрома в покрытии представляют собой хром с незначительными включениями следов углерода и кислорода и до 1,5 % вольфрама в случае осаждения покрытия хром-вольфрам. На поверхности хромового покрытия наблюдаются скопления сферолитов правильной и неправильной формы. Введение в состав покрытия вольфрама приводит к уменьшению сферолитов, чем, по-видимому, обуславливается более высокая износостойкость. По уравнению Шерера рассчитаны средние значения размеров частиц в осадке хрома, согласно которым кристаллиты, наблюдаемые в электронном микроскопе, состоят из более мелких частиц со средними размерами 12-27 нм (рис.5).

Проведено математическое моделирование процесса хромирования из малоцентрированного электролита, где в качестве переменных взя-

ты плотность тока (X_1) в интервале 60-80 А/дм², температура (X_2) (60-80° С). В зависимости от этих переменных определены выход хрома по току ВТ, скорость осаждения V , микротвердость M , шероховатость покрытий R . Толщина осадков хрома 20 мкм. Получены следующие зависимости:

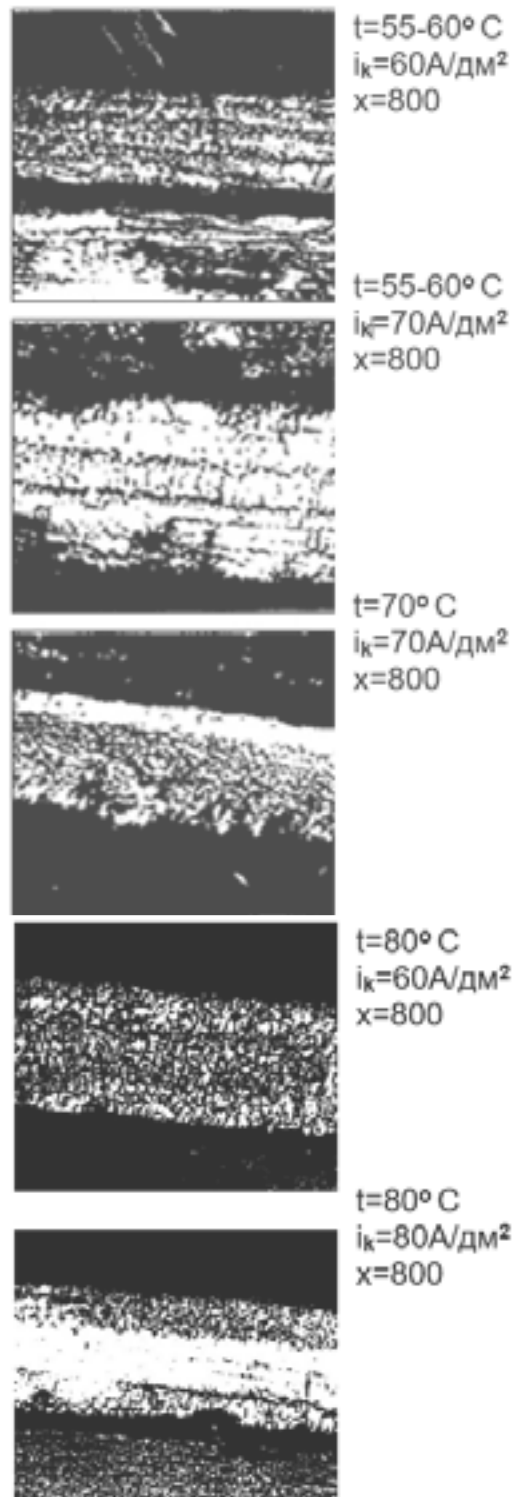


Рис. 5 – Структура хромового покрытия, нанесенного из малоцентрированного электролита

Fig. 5 – The structure of the chrome coating applied from a low-concentration electrolyte



$$M = 755 + 115 x_1 - 105 x_2 + 95 x_1 x_2, \text{ кгс/мм}^2 \quad (2)$$

$$R = 0,385 - 0,010 x_1 - 0,035 x_2 - 0,020 x_1 x_2, \text{ мкм} \quad (3)$$

$$BT = 13,55 + 0,90 x_1 - 0,70 x_2 - 0,15 x_1 x_2, \% \quad (4)$$

$$V = 44,95 + 8,80 x_1 - 3,60 x_2 - 0,45 x_1 x_2, \text{ мкм/час}, \quad (5)$$

Заключение

Оптимальными параметрами нанесения гальванических покрытий из малокоцентрированного электролита хрома на режущие рабочие органы комбайна ДОН-1500Б являются: плотность тока 60-62 А/дм², температура 62° С, толщина 28 мкм. Введение вольфрамата натрия в состав электролита позволяет снизить толщину до 25 мкм за счет образования более равномерной мелкозернистой, сфероидальной, мелкопористой структуры. Износостойкость покрытий хромированных сегментов режущих рабочих органов комбайна с двух сторон выше, чем по отдельности с лицевой или тыльной стороны в 2,0-2,2 раза, коррозионная стойкость возрастает до 3,3-3,5 раз в условиях интенсивного абразивного механического износа.

Использование малокоцентрированных электролитов в практике ремонта позволяет улучшить экологию окружающей среды и снизить вредные выбросы по стокам и в атмосферу в 10-15 раз (по данным анализа в воздухе и стоках соединений хрома при покрытии хромом 25 м² на толщину 8 мкм). Оценены выход по току, скорость осаждения, микротвердость покрытий хромом.

Список источников

1. Бондарева, Г. И. Основы надежности технических систем: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 150200 "Машиностроительные технологии и оборудование", специальности 150207 "Реновация средств и объектов материального производства в машиностроении" / Г. И. Бондарева, А. П. Шнырев ; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Московский гос. агроинженерный ун-т им. В. П. Горячкина", Каф. "Метрология, стандартизация и упр. качеством". - Москва : ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. - 177 с. : ил., табл.; 20 см.; ISBN 978-86785-228-3

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Bondareva, G. I. *Osnovy nadezhnosti tekhnicheskikh sistem : uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedenij, obuchayushchihya po napravleniyu 150200 "Mashinostroitel'nye tekhnologii i oborudovanie", special'nosti 150207 "Renovatsiya sredstv i ob'ektov material'nogo proizvodstva v mashinostroyenii"* / G. I. Bondareva, A. P. Shnyrev ; M-vo sel'skogo hoz-va Rossijskoj Federacii, Federal'noe gos. obrazovatel'noe uchrezhdenie vyssh. prof. obrazovaniya "Moskovskij gos. agroinzhenernyj un-t im. V. P. Goryachkina", Kaf. "Metrologiya, standartizatsiya i upr. kachestvom". - Moskva : FGOU VPO MGAU, 2008. - 177 s. : il., tabl.; 20 sm.; ISBN 978-86785-228-3

2. Bondareva, G.I. *Vybor racional'nykh sposobov vosstanovleniya i obrabotki elementov soedineniya «val – kol'co podshipnika kacheniya»* [Tekst] / G.I. Bondareva // Vestnik FGOU VPO MGAU. - 2008. - №4. - s. 65...68. - ISSN 1995-4638

3. Bondareva, G.I. *Tekhniko – ekonomicheskaya model' vybora optimal'nykh sposobov remonta elementov, obrazuyushchih soedinenie* [Tekst] / G.I. Bondareva // Mezhdunarodnyj tekhniko – ekonomicheskij zhurnal. – 2008. - №5.- S. 81...85. – ISSN 1995-4646

4. Bondareva, G.I. *Metodika vybora racional'nogo sposoba vosstanovleniya iznoshennykh detalej* [Tekst] / G.I. Bondareva // Vestnik FGOU VPO MGAU. - 2008. - ISBN 976-5-86785-199-6

2. Бондарева, Г.И. Выбор рациональных способов восстановления и обработки элементов соединения «вал – кольцо подшипника качения» [Текст] / Г.И. Бондарева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - 2008. - №4. - с. 65...68. - ISSN 1995-4638

3. Бондарева, Г.И. Техничко – экономическая модель выбора оптимальных способов ремонта элементов, образующих соединения [Текст] / Г.И. Бондарева // Международный технико – экономический журнал. – 2008. - №5.- С. 81...85. – ISSN 1995-4646

4. Бондарева, Г.И. Методика выбора рационального способа восстановления изношенных деталей [Текст] / Г.И. Бондарева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. - 2008. - ISBN 976-5-86785-199-6

5. Бондарева, Г.И. Применение технико – экономических критериев при выборе средств изменений в ремонтном производстве [Текст] / Г.И. Бондарева // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2008.-№1.- С. 53-55. - ISSN 0235-2494

6. Афанасьев, Е. А. Упрочнение и восстановление деталей машин электроосажденными композиционными покрытиями на основе железа с применением дисульфида молибдена : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.16.01 / Афанасьев Евгений Андреевич; [Место защиты: Юго-Зап. гос. ун-т]. - Курск, 2015. - 17 с.

7. Зайцев С.А. Повышение износостойкости рабочих поверхностей лап культиваторов газопламенным напылением с последующим оплавлением : автореферат дис. канд. т. наук : 05.20.03 / С.А. Зайцев. – Москва, 2013. - 15 с.

8. Крупин А.Е. Повышение износостойкости рабочих органов уборочных с/х машин электролитическим хромированием их поверхностей: автореферат дис. канд. т. наук : 05.20.03 / А.Е. Крупин. – Княгинино, 2015. – 19 с.

9. Виноградов В.В. Повышение износостойкости стрелчатых лап почвообрабатывающих орудий карбовибродуговым упрочнением их режущих поверхностей : автореферат дис. канд. т. наук : 05.20.03 / В.В. Виноградов. - Орел, 2017. – 19 с.



5. Bondareva, G.I. *Primenenie tekhniko – ekonomicheskikh kriteriev pri vybore sredstv izmenenij v remontnom proizvodstve [Tekst] / G.I. Bondareva // Ekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij. – 2008.-№1.- S. 53-55. - ISSN 0235-2494*

6. Afanas'ev, E. A. *Uprochnenie i vosstanovlenie detalej mashin elektroosazhdennymi kompozicionnymi pokrytiami na osnove zheleza s primeneniem disul'fida molibdena : avtoreferat dis. ... kandidata tekhnicheskikh nauk : 05.16.01 / Afanas'ev Evgenij Andreevich; [Mesto zashchity: YUgo-Zap. gos. un-t]. - Kursk, 2015. - 17 s.*

7. Zajcev S.A. *Povyshenie iznosostojkosti rabochih poverhnostej lap kul'tivatorov gazoplammym napyleniem s posleduyushchim oplavleniem : avtoref. dis. kand. t. nauk : 05.20.03 / S.A. Zajcev. – Moskva, 2013. - 15 s.*

8. Krupin A.E. *Povyshenie iznosostojkosti rabochih organov uborochnyh s/h mashin elektroliticheskim hromirovaniem ih poverhnostej: avtoref. dis. kand. t. nauk : 05.20.03 / A.E. Krupin. – Knyaginino, 2015. – 19 s.*

9. Vinogradov V.V. *Povyshenie iznosostojkosti strel'chatyh lap pochvoobrabatyvayushchih orudij karbovibrodugovym uprochneniem ih rezhushchih poverhnostej : avtoref. dis. kand. t. nauk : 05.20.03 / V.V. Vinogradov. - Orel, 2017. – 19 s.*

Authors' contribution:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Шемякин Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор, ректор, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, shem.alex62@yandex.ru

Пухов Евгений Васильевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, puma231@yandex.ru

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ivan.uspensckij@ya.ru

Стекольников Юрий Александрович, канд. хим. наук, профессор, ФГБОУ «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина». chimic57@mail.ru

Рембалович Георгий Константинович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rgk.rgatu@yandex.ru

Authors information

Shemyakin Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, shem.alex62@yandex.ru

Pukhov Evgeny V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, puma231@yandex.ru

Uspensky Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ivan.uspensckij@ya.ru

Stekolnikov Yuri A., Candidate of Chemical Sciences, Professor, Federal State Educational Institution of Higher Education "Yelets State University named after I.A. Bunin". chimic57@mail.ru

Rembalovich Georgy K., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, rgk.rgatu@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 22.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 22.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 634.1
DOI: 10.36508/RSATU.2023.92.12.026

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНИЦ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ
ВИБРОЗАЩИТЫ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Иван Александрович Юхин ¹, Алла Анатольевна Панова ²✉, Сергей Васильевич Стрыгин ³,
Андрей Викторович Паршков ⁴, Дмитрий Олегович Прибылов ⁵**

^{1,2,5} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,
г. Рязань, Россия

³ Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, г. Рязань, Россия

⁴ Современный технический университет, г. Рязань, Россия

¹ yuival@rambler.ru

² panova.pgs@gmail.com

³ strsw@mail.ru

⁴ parshkov83@mail.ru

⁵ PDO.asp@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования является проведение вычислительного эксперимента по определению эффективности накладки, ограничивающей относительные перемещения плодоовощной продукции, транспортируемой контейнерным способом.

Методология. Для достижения поставленной цели методом конечных элементов смоделированы особенности транспортировки плодоовощной продукции контейнерным способом. При этом рассматриваются два конструктивных решения – с применением накладки и без нее. В каждом решении движение плодоовощной продукции принимается под действием собственного веса и инерционного воздействия при её транспортировке. В первом приближении анализируются твердотельные модели объектов исследования. В процессе динамического расчета с использованием программного модуля инженерного анализа «T-Flex Динамика» решается задача определения траекторий движения, скоростей, ускорений любых точек компонентов механической системы под действием сил.

Результаты. В данной статье учтены обобщенные результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований по изучению вопроса травмирования сельскохозяйственной продукции, перевозимой в кузове транспортных средств (ТС) или в специализированных контейнерах (в рамках внутрихозяйственных перевозок). Речь идет о повреждениях плодов, вызванных колебаниями грузовой платформы ТС в процессе внутрихозяйственной перевозки и доставки к местам хранения. В статье обоснованы новые технические решения средств виброзащиты плодов при их перевозке, в частности, контейнер, способствующий снижению количества повреждений за счет увеличения площади контакта плодов и уменьшения пространства для свободного перемещения груза. Предлагаемые по результатам исследования технические решения являются одними из наиболее простых в реализации и не требуют специальных навыков в обслуживании и эксплуатации.

Заключение. Результаты исследования показали степень влияния наличия накладки на дне контейнера, используемого для перевозки плодоовощной продукции, на её горизонтальные и вертикальные перемещения, скорости и ускорения. При этом наблюдается значительное снижение перемещений, существенное уменьшение скоростей и заметное уменьшение ускорений.

Ключевые слова: T-Flex Динамика, контейнер, плодоовощная продукция, вибростенд

Для цитирования: Юхин И.А., Панова А.А., Стрыгин С.В., Паршков А.В., Прибылов Д.О. Исследование границ эффективности применения отдельных средств виброзащиты плодоовощной продукции. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т 15, №4. С 187-192 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.92.12.026>

Original article

**INVESTIGATION OF THE LIMITS OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF INDIVIDUAL MEANS
OF VIBRATION PROTECTION OF FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS**

Ivan A. Yukhin ¹, Alla A. Panova ²✉, Sergey V. Strygin ³, Andrey V. Parshkov⁴, Dmitry O. Pribylov ⁵



^{1,2,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

³ Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

⁴ Modern Technical University, Ryazan, Russia

¹ yuival@rambler.ru

² panova.pgs@gmail.com

³ strsw@mail.ru

⁴ parshkov83@mail.ru

⁵ PDO.asp@mail.ru

Abstract.

Problems and purpose. The purpose of this study is to conduct a computational experiment to determine the effectiveness of the lining limiting the relative movements of fruit and vegetable products transported by container method.

Materials and methods. To achieve this goal, the features of transportation of fruit and vegetable products by container method are modeled by the finite element method. At the same time, two constructive solutions are considered – with the use of an overlay and without it. In each solution, the movement of fruit and vegetable products is taken under the influence of its own weight and inertia during its transportation. Solid-state models of research objects are analyzed in the first approximation. In the process of dynamic calculation using the software module of engineering analysis "T-Flex Dynamics", the problem of determining the trajectories of motion, velocities, accelerations of any points of the components of a mechanical system under the action of forces is solved.

Results. This article takes into account the generalized results of theoretical and experimental studies conducted to study the issue of injury to agricultural products transported in the body of vehicles or in specialized containers (as part of on-farm transportation). We are talking about damage to fruits caused by fluctuations in the cargo platform of the vehicle during on-farm transportation and delivery to storage sites. The article substantiates new technical solutions for vibration protection of fruits during their transportation, in particular, a container that helps to reduce the amount of damage by increasing the contact area of fruits and reducing the space for free movement of cargo. The technical solutions proposed by the results of the study are among the easiest to implement and do not require special skills in maintenance and operation.

Conclusion. The results of the study showed the degree of influence of the presence of a lining at the bottom of the container used for the transportation of fruit and vegetable products: on its horizontal and vertical movements, speeds and accelerations. At the same time, there is a significant decrease in displacements, a significant decrease in speeds and a noticeable decrease in accelerations.

Key words: T-Flex Dynamics, container, fruit and vegetable products, vibration stand

For citation: Yukhin I.A., Panova A.A., Strygin S.V., Parshkov A.V., Pribylov D.O. Investigation of the limits of the effectiveness of the use of individual means of vibration protection of fruit and vegetable products // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 4. P.187-192 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.92.12.026>

Введение

Для снижения горизонтальных перемещений нижних слоев плодов, транспортируемых контейнерным способом, используют демпфирующие накладки, варианты конструкций которых предложены в работах [1-5]. Обоснование эффективности применения такого решения начинается с экспериментальных исследований. При этом для снижения стоимости физического испытания выполняются компьютерное моделирование и предварительный вычислительный эксперимент [2-4], в котором рассматривается динамика плодоовощной продукции в контейнере. В статье описываются случаи с фиксацией величины травмируемости продукции при испытаниях разных конструкций контейнера в условиях, создаваемых с помощью вибрационной машины нагрузок, соответствующих транспортировке контейнерным способом.

Материалы и методы

На степень травмируемости продукции косвенно указывает характер изменения её кинематических характеристик. В работе рассматривается первое приближение в постановке вычислительного эксперимента, предшествующего физическому

эксперименту – моделирования методом конечных элементов особенностей транспортировки плодоовощной продукции контейнерным способом. При этом на основе твердотельных моделей исследуются два конструктивных решения – с применением накладки и без нее. В каждом решении движение плодоовощной продукции принимается под действием собственного веса и инерционного воздействия при её транспортировке. В процессе динамического расчета с использованием программного модуля инженерного анализа «T-Flex Динамика» решается задача определения траекторий движения, скоростей, ускорений любых точек компонентов механической системы под действием сил. В качестве модели яблока выбран шар диаметром 85 мм массой 175 г. Моделью контейнера выступает полимерный ящик с размерами 600x400x200 мм. Для сравнительного анализа рассматриваются 60 моделей яблок, размещенных на общем столе вибростенда в каждом из контейнеров. При этом один из них – без накладки, а другой – с жестко закрепленной на его дне накладкой, на которой имеются расположенные в шахматном порядке выступы, образующие с пло-



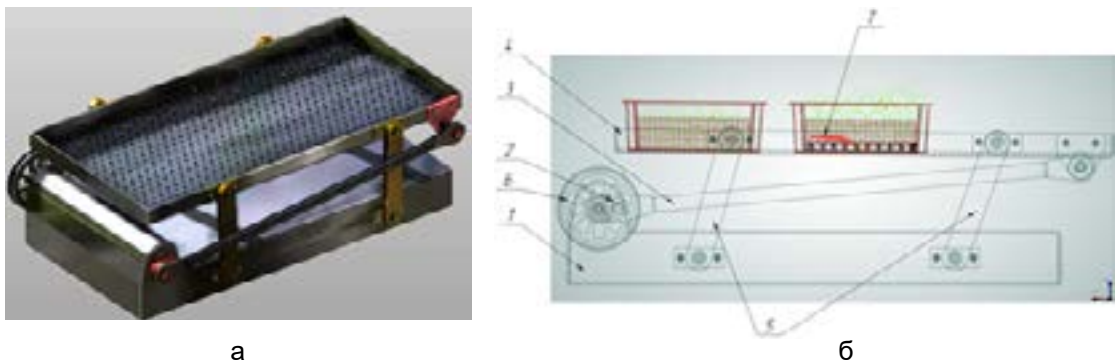
скостью накладки ячейки, причем выступы имеют форму полусферы диаметром 85 мм. В качестве виртуальной модели вибростенда используется твердотельная компьютерная модель вибростита [6], исполнительный рычажный механизм которого состоит из корпуса (стойки) 1, кривошипа 2, шатуна 3, шатуна 4 (стола) и четырех опорных коромысел 5. На валу кривошипа расположен шкив 6 ременной передачи, двигатель условно не показан (рис. 1).

Траекторией Т движения рабочего органа вибростенда является дуга окружности с выраженной горизонтальной и заметной вертикальной составляющими. Именно этим обстоятельством обосновывается соответствие вибростенда цели эксперимента, так как большинство промышленных вибростендов, например, описанный в работе [1], оснащены рабочим органом, совершающим вертикальные колебания по прямолинейной тра-

ектории. Частота вращения кривошипа 1 составляет 60 об/мин. Горизонтальная проекция траектории движения стола вибростенда составляет 0,171 м, вертикальная – 0,022 м.

Результаты исследований

Исследование с использованием программного модуля «Т-Flex Динамика» динамического поведения пространственной механической системы плодовоовощной продукции с вибростендом (рис. 2) производится в следующем порядке. На основе трехмерной модели механической системы разрабатывается её кинематическая сборка, создается задача анализа движения. При этом автоматически генерируются шарниры. Назначаются параметры анализа движения и нагружения, формируется внешняя нагрузка, выполняется расчет. Создаются датчики, результаты, производится анализ полученных данных.



а) исходная модель (вибростит); б) вибростенд, выполненный на базе исходной модели

Рис. 1 – Вибрационная машина

a) the original model (vibrating screen); b) a vibration stand made on the basis of the original model

Fig. 1 – Vibrating machine

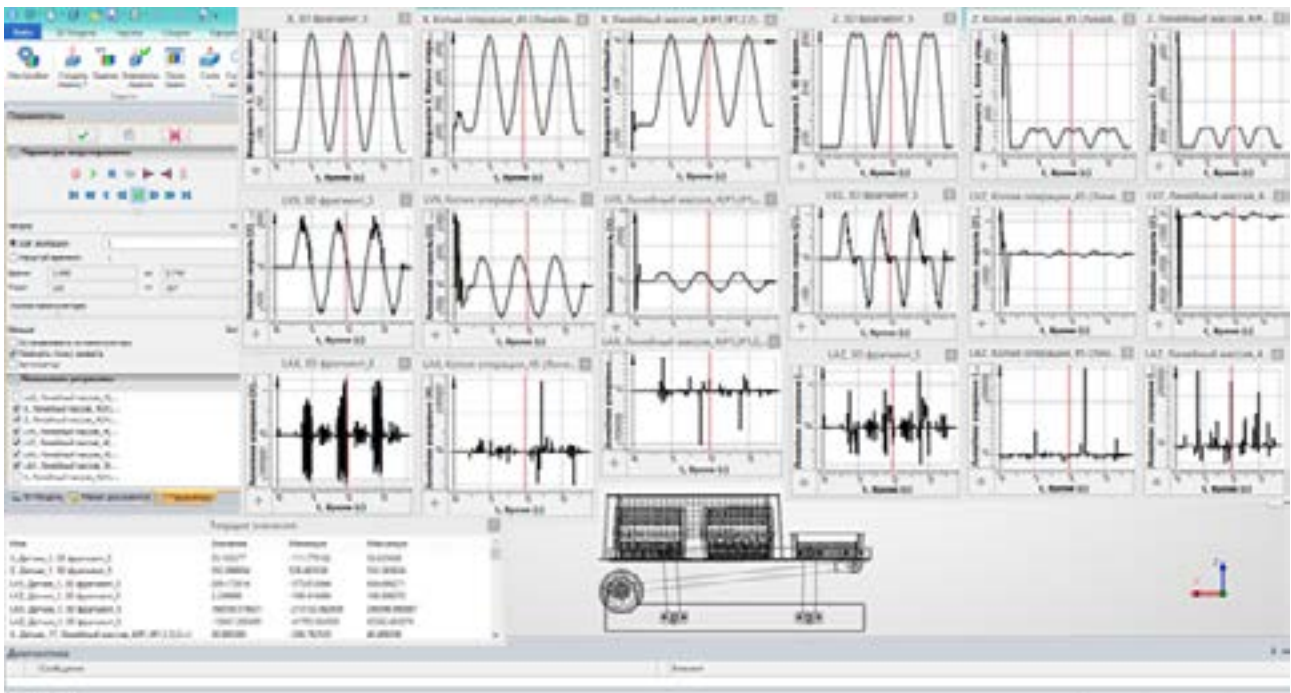


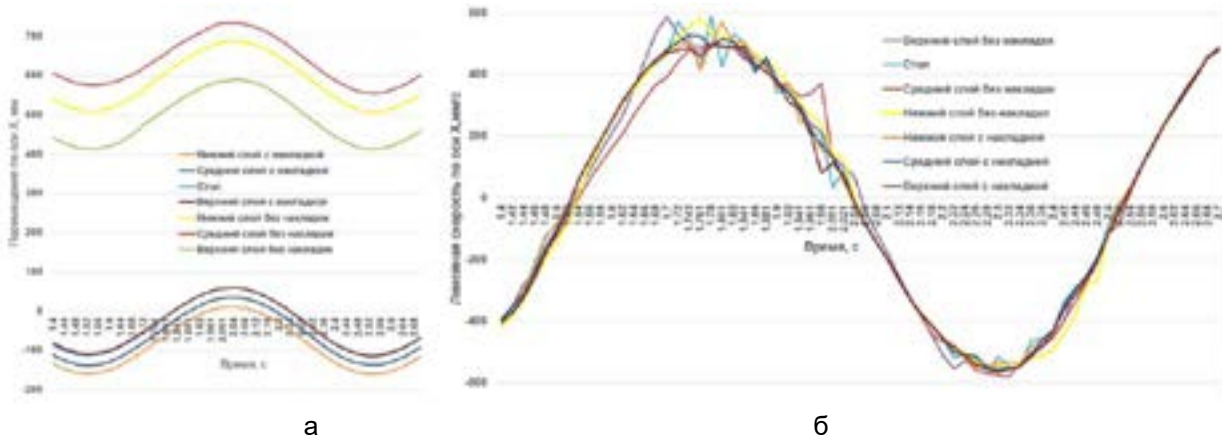
Рис. 2 – Результаты вычислительного эксперимента, полученные с использованием программного модуля «Т-Flex Динамика»

Fig. 2 – The results of the computational experiment obtained using the software module "T-Flex Dynamics"



В ходе анализа результатов вычислительного эксперимента установлено, что, помимо уменьшения горизонтальных перемещений (рис. 3) нижне-

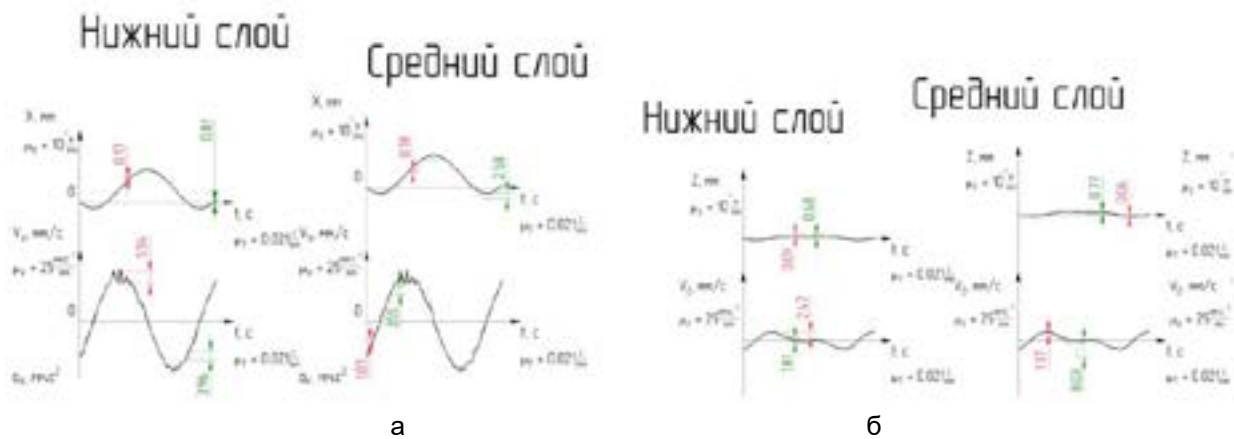
го и среднего слоев плодов при наличии накладки на дне контейнера, также наблюдается уменьшение их вертикальных перемещений (рис. 4).



а) перемещения по оси X, мм; б) линейные скорости по оси X, мм/с
 Рис. 3 – Обработка результатов вычислительного эксперимента с использованием MS Excel
 a) movements along the X-axis, mm; b) linear velocities along the X-axis, mm/s
 Fig. 3 – Processing of the results of a computational experiment using MS Excel

На рис. 3 а диаграммы горизонтальных перемещений стола, нижнего, среднего и верхнего слоев плодов для случая испытаний без накладки представляют собой неэквидистантные кривые, что указывает на разные законы движения стола с контейнером и плодов. В случае испытания с накладкой соответствующие диаграммы выглядят почти как эквидистантные кривые, что характеризует незначительное относительное

движение плодов и контейнера, жестко связанного со столом. На рис. 3 б заметно значительное несовпадение кривых диаграмм скоростей плодов в контейнере без накладки и стола, при этом в меньшей степени не совпадают кривые диаграмм скоростей плодов в контейнере с накладкой и стола. Таким образом, накладка снижает горизонтальные перемещения плодов в контейнере при транспортировке.



а) перемещения по оси X, мм; линейные скорости по оси X, мм/с; б) перемещения по оси Z, мм; линейные скорости по оси Z, мм/с

Рис. 4 – Обработка результатов вычислительного эксперимента с использованием T-Flex CAD
 a) movements along the X-axis, mm; linear velocities along the X-axis, mm/s; b) movements along the Z-axis, mm; linear velocities along the Z-axis, mm/s

. Fig. 4 - Processing of the results of a computational experiment using T-Flex CAD

На рис. 4 а приведены диаграммы горизонтальных и вертикальных перемещений и скоростей стола, нижнего и среднего слоев плодов для разных конструкций контейнеров с количественными показателями расхождений величин соответствующих кинематических характеристик плодов и стола. Красным цветом показаны максимальные расхождения для случая контейнера

с накладкой, а зеленым – без накладки. Установлено, что накладка снижает как горизонтальные, так и вертикальные перемещения и соответствующие составляющие скоростей плодов в контейнере при транспортировке. Так, величина горизонтальных перемещений нижнего слоя плодов в контейнере с накладкой меньше на 79 % аналогичного перемещения плодов в контейне-



ре без накладки. Соответствующая разница для вертикальных перемещений составляет 86,77 %; для среднего слоя: горизонтальные перемещения отличаются на 93,02 %, вертикальные – на 92,21 %, горизонтальные составляющие скорости – на 69,86 %, вертикальные составляющие скорости – на 82,94 %. Для верхнего слоя плодов положительного влияния наличия накладки в контейнере на их горизонтальные перемещения не выявлено, но при наличии накладки вертикальные перемещения этих плодов уменьшились на 48,44 %, а вертикальные составляющие скорости – на 73,19 %. Таким образом, установлено расширение границ эффективности применения накладки в сравнении с первоначальной гипотезой влияния накладки на горизонтальные перемещения нижнего слоя плодов [7]. Перспективой исследования является уточнение 3D-модели путем учета упругих свойств накладки, добавление в модель перегородки, ограничивающей перемещения верхних слоёв плодов [5].

Заключение

Результаты исследования показали степень влияния наличия накладки на дне контейнера, используемого для перевозки плодоовощной продукции: на её горизонтальные и вертикальные перемещения, скорости и ускорения. При этом наблюдается значительное снижение перемещений, существенное уменьшение скоростей и заметное уменьшение ускорений [8].

Список источников

1. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N. V. Byshov, S. N. Borychev, D. E. Kashirin [et al.] // *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2018. – Vol. 13, No. 10. – P. 3502-3508. – EDN XXXSIX.

2. Инновационные решения в технологии и технике транспортировки продукции растениеводства / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. Н. Кулик, Д. С. Рябчиков // *Техника и оборудование для села*. – 2013. – № 7. – С. 10-12. – EDN QOYMDP.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N. V. Byshov, S. N. Borychev, D. E. Kashirin [et al.] // *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2018. – Vol. 13, No. 10. – P. 3502-3508. – EDN XXXSIX.

2. Innovacionnye resheniya v tekhnologii i tekhnike transportirovki produkcii rastenievodstva / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, S. N. Kulik, D. S. Ryabchikov // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2013. – № 7. – S. 10-12. – EDN QOYMDP.

3. Bychkov, V. V. Analiz issledovanij vliyaniya razlichnyh faktorov na sohrannost' ovoshchej i fruktov pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah / V. V. Bychkov, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. – 2012. – Т. 30. – С. 463-469. – EDN OYWKBD.

4. Sohrannost' plodov na vnutrihozyajstvennyh perevozkah / A. A. Simdyankin, I. A. Uspenskij, L. P. Belyu, O. V. Filyushin // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2020. – № 2(58). – С. 346-356. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-02-34. – EDN RKIHZD.

5. Pat. RU 217289 Rossijskaya Federaciya, MPKB65D 81/03, B65D 85/34 Kontejner dlya perevozki plodoovoshchnoj produkcii/ Panova A.A., Strygin S.V., Uspenskij I.A. [i dr.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ № 2022131488; заявл.01.12.2022; опубл. 24.03.2023, Бул. № 9.

6. VIBRATING SCREENS | 3D CAD ModelLibrary | GrabCAD [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://grabcad.com/library/vibrating-screens-1> (дата обращения: 11.09.2023).

3. Бычков, В. В. Анализ исследований влияния различных факторов на сохранность овощей и фруктов при внутрихозяйственных перевозках / В. В. Бычков, И. А. Успенский, И. А. Юхин // *Плодоводство и ягодоводство России*. – 2012. – Т. 30. – С. 463-469. – EDN OYWKBD.

4. Сохранность плодов на внутрихозяйственных перевозках / А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, Л. П. Белю, О. В. Филюшин // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2020. – № 2(58). – С. 346-356. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-02-34. – EDN RKIHZD.

5. Пат. RU 217289 Российская Федерация, MPKB65D 81/03, B65D 85/34 Контейнер для перевозки плодоовощной продукции/ Панова А.А., Стыгин С.В., Успенский И.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ № 2022131488; заявл.01.12.2022; опубл. 24.03.2023, Бул. № 9.

6. VIBRATING SCREENS | 3D CAD ModelLibrary | GrabCAD [Электронный ресурс]. – URL: <https://grabcad.com/library/vibrating-screens-1> (дата обращения: 11.09.2023).

7. Пат. RU 166 384 Российская Федерация, MPKB65D 85/34 Контейнер для перевозки плодоовощной продукции/ Шафоров В.А., Юхин И.А., Успенский И.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ № 2016115317/12; заявл.19.04.2016; опубл. 20.11.2016, Бул. № 32.

8. Алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. В. Колупаев, К. А. Жуков // *Техника и оборудование для села*. – 2013. – № 12. – С. 12-15. – EDN RPYLRF.

9. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков [и др.] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-02-51. – EDNKBXESP.



com/library/vibrating-screens-1(dataobrashcheniya: 11.09.2023).

7. Pat. RU 166 384 Rossijskaya Federaciya, MPKB65D 85/34 Kontejner dlya perevozki plodoovoshchnoj produkcii/ SHaforostov V.A., YUhin I.A., Uspenskij I.A. [i dr.]; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO RGATU № 2016115317/12; zayavl. 19.04.2016; opubl. 20.11.2016, Byul. № 32.

8. Algoritm sohraneniya kachestva plodoovoshchnoj produkcii pri uborochno-transportnyh rabotah / I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, S. V. Kolupaev, K. A. ZHukov // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2013. – № 12. – S. 12-15. – EDN RPYLRF.

9. Povyshenie effektivnosti vnutrihozyajstvennyh perevozok plodoovoshchnoj produkcii / A. A. Golikov [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2023. – № 2(70). – S. 429-439. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-02-51. – EDNKBXECP.

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

Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, yuival@rambler.ru

Панова Алла Анатольевна, аспирант кафедры автотранспортной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, panova.pgs@gmail.com

Стрыгин Сергей Васильевич, ст. препод. кафедры «Автомобили и транспортно-технологические средства», Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, strsw@mail.ru

Author information

Yukhin Ivan A., Doctor of Engineering Sci., Professor, Head of the Department of Automotive and Tractor Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, yuival@rambler.ru

Panova Alla A., post-graduate student of the Department of Automotive and tractor engineering and thermal power engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, panova.pgs@gmail.com

Strygin Sergey V., senior lecturer of the Department of Automobiles and Transport and Technological Means Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University strsw@mail.ru

Статья поступила в редакцию 11.10.2023; одобрена после рецензирования 22.11.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 11.10.2023; approved after reviewing 22.11.2023; accepted for publication 12.12.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 621.436.019.7
DOI: 10.36508/RSATU.2023.26.97.027

СНИЖЕНИЕ НАГАРООБРАЗОВАНИЯ В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Александр Александрович Карташов¹✉, **Иван Алексеевич Успенский**², **Иван Александрович Юхин**³, **Олег Владимирович Филюшин**⁴, **Александр Михайлович Гаврилов**⁵

¹ Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г.Пенза, Россия

^{2,3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

⁵ Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, г.Казань, Россия

¹ ak_29@mail.ru

² ivan.uspensckij@yandex.ru

³ yuival@rambler.ru

⁴ olegfil93@mail.ru

⁵ am_gavrilov@mail.ru

Аннотация

Проблема и цель. Целью настоящего исследования было установление взаимосвязи нагаро- и коксоотложений при протекании рабочего процесса.

Методология. Исследования проводились в лабораторных условиях. В качестве объектов исследования выступали двигатели Д-144 и 4Ч 10,5/12.

Результаты. В результате исследования, направленного на изучение нагаро- и коксоотложений в дизельных двигателях, установлено, что температура поршня снижается, гильзы увеличиваются в пределах 10-11 %, снижается мощность двигателя и увеличивается удельный расход топлива соответственно на 6-7 %, температура отработавших газов повышается до 9 %.

Заключение. Результаты исследования позволили выявить, что практически полное удаление нагара происходит при работе двигателя на режиме номинальной мощности и при применении топливо-водяной эмульсии в течение 30 минут. При этом происходит повышение мощности на 2,4 кВт, или 7,1 % и снижение удельного расхода топлива на 18 г/кВт ч, или 6,2 %.

Ключевые слова: дизельный двигатель, масляная пленка, расход масла, нагаро- и коксоотложение, удаление нагара

Для цитирования: Карташов А.А., Успенский И.А., Юхин И.А., Филюшин О.В., Гаврилов А.М. Снижение нагарообразования в дизельных двигателях. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №4. С.143-197 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.26.97.027>

Original article

REDUCTION OF CARBON FORMATION IN DIESEL ENGINES

Alexander A Kartashov¹✉, **Ivan A. Uspensky**², **Ivan A. Yukhin**³, **Oleg V. Filushin**⁴, **Alexander M. Gavrilov**⁵

¹ Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia

^{2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

⁵ Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

¹ ak_29@mail.ru

² ivan.uspensckij@yandex.ru

³ yuival@rambler.ru

⁴ olegfil93@mail.ru

⁵ am_gavrilov@mail.ru

**Annotation.**

The problem and the goal. The purpose of this study was to establish the relationship of carbon and coke deposits on the workflow.

Methodology. *The studies were carried out in laboratory conditions. The objects of the study were the D-144 and 4H 10.5/12 engines.*

Results. *As a result of a study aimed at studying carbon and coke deposits in diesel engines, it was found that the temperature of the piston decreases, the sleeve increases within 10-11 %, engine power decreases and specific fuel consumption increases by 6-7 %, respectively, the exhaust gas temperature rises to 9 %.*

Conclusion. *The results of the study revealed that almost complete removal of carbon deposits occurs when the engine is running at rated power and when using a fuel-water emulsion for 30 minutes. At the same time, there is an increase in power by 2.4 kW, or 7.1 %, and a decrease in specific fuel consumption by 18 g / kWh, or 6.2 %.*

Key words: diesel engine, oil film, oil consumption, carbon and coke deposits, carbon removal

For citation: Kartashov A.A., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Filushin O.V., Gavrilov A.M. Reduction of Carbon formation in Diesel Engines. // Herald of the Ryazan State Agro-Technical University named after P.A. Kostychev. 2023. T.15, No. 4. P. 143-197 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.26.97.027>

Введение

Мнения по поводу повышенного расхода масла значительно различаются как на практике, так и в разных странах.

Например, подвижные детали двигателя, в частности поршни и клапаны, не могут быть на 100 процентов герметичными из-за конструктивно обусловленных зазоров. В результате этого возникает небольшой, но постоянный расход масла. Кроме того, масляная пленка, образующаяся на поверхности цилиндра в камере сгорания, подвергается дополнительному сгоранию на значительной площади. В свою очередь, это приводит к испарению и сжиганию моторного масла, которое выводится в окружающую среду вместе с выхлопными газами.

В литературных справочниках и инструкциях по эксплуатации часто содержится информация о предельных значениях расхода масла для двигателей. В случае отсутствия данных, предоставленных производителем, для грузовых автомобилей рекомендуется не превышать значения от 0,25 до 0,3 %, а для автобусов – до 0,5 % от общего расхода масла.

В современных легковых автомобилях наблюдается низкий уровень расхода масла, как правило, менее 0,05 %. Но максимально допустимым значением расхода масла считается 0,5 % (все процентные соотношения относятся к общему расходу топлива).

Сравнивая реальный расход масла с допустимым пределом, можно принять меры, которые могут быть необходимы. Дизельные двигатели потребляют больше масла, чем бензиновые. Двигатели с турбонагнетателем также требуют больше моторного масла из-за смазки турбонагнетателя. Во время пробега двигателя расход масла находится на своем минимуме из-за технических причин, но с течением времени и износом он увеличивается. Износ внутренних деталей двигателя происходит примерно одинаково на всех компонентах.

Поэтому проведение частичного ремонта, при котором только поршни или поршневые кольца заменяются, часто не приводит к существенной экономии масла.

Современные автомобили почти всегда оснащены двигателем с турбонагнетателем. В отличие

от других компонентов двигателя, турбонагнетатели не имеют колец для вала из эластомерного материала. Данное обстоятельство обусловлено высокими температурами и максимальной частотой вращения, достигающей 330 000.

Уплотняющий лабиринт, который находится между валом турбонагнетателя и корпусом, действует с целью удерживания моторного масла внутри турбонагнетателя, чтобы оно не проникало через оба конца вала во всасывающую и выхлопную системы.

Благодаря уплотняющему лабиринту моторное масло, сжатый воздух и отработавшие газы не могут проникнуть в корпус подшипников.

Стремление газов, поступающих со стороны турбинного и компрессорного колес, препятствует вылету масла из системы.

Диски, которые находятся на валу турбонагнетателя, помогают отбросить моторное масло, выбрасывая его под действием центробежной силы при выходе из мест установки подшипников. Избыточное моторное масло, а также впускаемый воздух и выхлопные газы, которые проникают внутрь турбонагнетателя через радиальные подшипники, сливаются через трубопровод в масляный поддон.

Главные причины утечки масла:

- засоренный, согнутый, суженый или закоксированный сливной трубопровод;
- высокий уровень масла;
- повышенное внутреннее давление в картере из-за износа поршневых колец и внутренних диаметров цилиндра;
- повышенное внутреннее давление в картере из-за неработающей системы вентиляции картера.

Вследствие сбоя процесса сгорания и оставшегося топлива при эксплуатации двигателя часто возникает избыток топлива в камере сгорания. Не полностью сгоревшее топливо, находящееся в камере сгорания, приводит к уменьшению качества масляной пленки на поверхности цилиндра. Масляная пленка (на рисунках 1 и 2 обозначена желтым цветом) становится более текучей или полностью смывается. Подобное обстоятельство приводит к тому, что поверхности поршней и внутренний диаметр цилиндра больше не разделяются при соприкосновении металлов из-за



отсутствия необходимой масляной пленки. В результате этого возникает полусухое трение (рис.2). Как следствие, мощность двигателя снижается, а расход масла увеличивается [9].

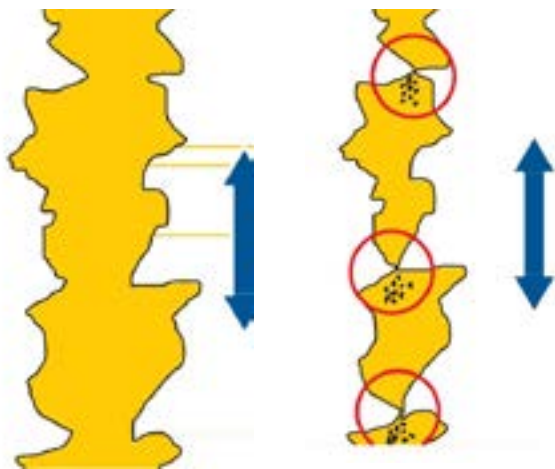


Рис. 1

Рис. 2

Причины избытка топлива в камере сгорания для бензиновых двигателей могут быть разнообразны:

- частые поездки на короткие расстояния с недостаточно разогретым двигателем, что приводит к разбавлению масла и потере вязкости;
- неисправности в приготовлении смеси, когда она оказывается слишком жирной;
- неисправности в системе зажигания, такие как перебои в зажигании из-за неисправных катушек зажигания, свечей зажигания или электропроводки зажигания;
- механические проблемы в двигателе, такие как износ или неверные фазы газораспределения;
- низкое качество использованного топлива.

Кроме того, комбинация вышеперечисленных проблем может также способствовать избытку топлива в камере сгорания.

В дизельных двигателях с внутренним сгоранием подача топлива внутрь камеры сгорания активируется высоко нагретым сжатым воздухом. Если нет достаточного сжатия (что может произойти из-за недостаточного заполнения) или качество топлива низкое, возникает задержка воспламенения, неполное сгорание и скапливание топлива в жидком состоянии внутри камеры.

Причины избытка топлива в камере сгорания дизельных двигателей могут быть следующими:

- неисправные и негерметичные форсунки для впрыскивания топлива;
- поломка или неправильная настройка высокого давления топливного насоса;
- неправильно установленные и закрепленные топливные трубки высокого давления, вызванные колебаниями;
- механические дефекты, такие как удар поршней о головку блока цилиндра из-за чересчур большого выступа поршня;
- недостаточное заполнение камеры свежим воздухом, вызванное:
 - засорением воздушных фильтров;
 - износом турбокомпрессора;
 - утечками в системе впуска;

- износом или поломкой поршневых колец;
- использованием топлива низкого качества, что приводит к плохому самовоспламенению и неполному сгоранию;
- комбинацией перечисленных выше проблем.

Материалы и методы исследования

В процессе использования дизельных двигателей их мощность, экономичность, надежность и долговечность определяются интенсивностью образования нагара и накопленным количеством его в форсунках и деталях цилиндро-поршневой группы [1,2]. Эксплуатационные условия и отклонения от нормы регулировочных параметров, в свою очередь, оказывают значительное влияние на образование нагара и коксообразование в дизельных двигателях, что негативно сказывается на их эффективности, экономических показателях и общей надежности [3,4].

Нагаро- и коксоотложения неблагоприятно сказываются на смесеобразовании, заполнении цилиндра воздухом, тепловом режиме элементов цилиндро-поршневой группы, а также ведут к нарушению хода рабочего процесса.

Образование нагара в двигателе зависит от ряда факторов, таких как конструктивные особенности, условия эксплуатации, а также качество используемых масел и топлива.

Образование нагара имеет ряд негативных последствий, включая:

- 1) ограничение теплоотдачи от деталей, покрытых нагаром, что может привести к перегреву поверхностей, которые свободны от нагара;
- 2) риск прогорания и оплавления днища поршня, который возникает из-за неравномерного отложения нагара, достигая 90 % прогорания;
- 3) повышение требований к антидетонационным характеристикам топлива в связи с уменьшением объема камеры сгорания при увеличении количества нагара;
- 4) при возникновении нагара и уменьшении плотности заряда (коэффициента наполнения) происходит снижение мощности двигателя в результате дополнительного нагрева рабочей смеси;
- 5) кроме того, процесс смесеобразования ухудшается из-за отложений нагара на распылителях форсунок и некачественного распыливания топлива, что также ведет к снижению мощности;
- 6) абразивное воздействие частиц нагара приводит к повышенному износу деталей двигателя;
- 7) более того, существует опасность пригорания и залегания поршневых колец.

Другие факторы, которые влияют на образование нагара, включают неполное сгорание топлива из-за его повышенной вязкости и тяжелого состава. Присутствие высокомолекулярных смолистых веществ и соединений повышенной зольности, а также недостаточное количество воздуха также оказывают влияние на образование нагара.

Нагар, скопившийся на днище поршня и в головке цилиндров, непременно оказывает влияние на температурные характеристики, что приводит к снижению эффективности теплообмена и повышению температуры гильзы цилиндров. В результате тепловой зазор между поршнем и гильзой



увеличивается на 20 %, оказывая негативное влияние на теплопередачу, а также приводя к поломкам поршня в процессе движения и дополнительным нагрузкам на детали ЦПГ. Следует отметить, что такое состояние также способствует искажению геометрической формы гильзы цилиндров и усилению износа смежных поверхностей [5,6].

Результаты исследований и их обсуждение

В случае образования нагароотложений в двигателях, достигающих 22 баллов, поршень оказывается подвержен снижению температуры, в то время как гильзы, напротив, увеличиваются в пределах 10-11 %. Подобное явление влечет за собой снижение мощности двигателя и увеличение удельного расхода топлива на 6-7 %, а температура отработавших газов повышается до 9 %.

Таким образом, нагароотложения в двигателях оказывают отрицательное воздействие на их теплонпряженность и долговечность работы, влияют на эффективность и экономические показатели.

С целью компенсации негативного воздействия нагароотложений на технико-экономические параметры работы дизельных двигателей были разработаны присадки к топливу, способные снизить нагарообразование в 2-3 раза.

С целью предотвращения образования нагара на деталях ЦПГ была использована новая методика, основанная на периодической работе двигателя на топливо-водяной смеси (содержание воды составляло 5 % от общего объема, а также добавлялся эмульгатор).

В ходе проведения экспериментов с двигателем 4Ч 10,5/12 было выяснено, что применение данной смеси позволяет эффективно удалять нагар.

Это приводит к увеличению мощности двигателя на 7,1 % и снижению расхода топлива на 6,2 %.

Экспериментальное исследование показало, что полное удаление нагара происходит при работе двигателя на номинальной мощности в течение 30 минут с применением топливо-водяной смеси. В результате такой работы наблюдается увеличение мощности на 2,4, что составляет 7,1 %, а также снижение расхода топлива на 18 г/кВт ч, или 6,2 %.

При индицировании двигателя в данном режиме работы после удаления нагароотложений было замечено, что максимальное давление цикла увеличилось на 0,76 мПа, а скорость нарастания давления – на 0.116 мПа/град.п.к.в. Это соответствует сокращению на 10 % и 28 % соответственно.

Сокращение задержки воспламенения, связанной с повышением температуры днища поршня и поверхности головки цилиндров, является первоочередной задачей.

Помимо этого, зафиксировано падение температуры отработавших газов на 10,6 %. С другой стороны, головка цилиндров претерпела увеличение температуры на 13 %, в то время как в верхней части гильзы цилиндров наблюдалось понижение температуры на 10 %. В результате таких изменений увеличение отложений нагара наблюдается на днищах поршней, головках цилиндров и в распылителях форсунок.

Процесс раскоксовывания форсунок распыли-

телей занимает от 10 до 30 минут, в зависимости от режима работы двигателя. Крайние значения времени раскоксовывания соответствуют номинальной нагрузке двигателя и работе двигателя на холостом ходу. Удаление нагара с днища поршня приводит к уменьшению температуры гильзы на 11,3 % от исходного значения в зоне расстояния 20 мм от верхней кромки гильзы цилиндра – с 177 до 157° С. В то же время температура поршня в зоне его головки увеличивается на 10,8 % с 212 до 235° С.

Заключение

Уменьшение толщины нагара на днище поршня снижает степень сжатия и температуру цикла, что негативно влияет на показатели рабочего цикла [7,8]. Количественные характеристики рабочего цикла, такие как температуры поршня и гильзы цилиндров дизеля при образовании нагара на днище поршня, указывают на менее выгодные условия работы поршня и гильзы. Это связано с повышением динамических показателей цикла, температурой гильзы и увеличением зазоров в сопряжении, что приводит к повышенному износу картерного масла [10].

Список источников

1. Кокорев Г.Д. Диагностирование дизелей методом цилиндрического баланса/Г.Д. Кокорев, И.А. Успенский, И.Н. Николотов// Тракторы и сельхозмашины. – 2009 - №8. – С. 45-46
2. Костин, А.К. Работа дизелей в условиях эксплуатации [Текст] / А.К. Костин, Б.П. Пугачев, М.А. Кочинев. – М.: Машиностроение, 1987. – 278 с.
3. Ленин И.М., Костров А.В. Исследование теплоотдачи в стенке в двигателях внутреннего сгорания. – Автомобильная промышленность. – 1983г. – №6. – с. 32-38.
4. Кокорев Г.Д. Диагностирование дизелей методом цилиндрического баланса/Г.Д.Кокорев, И.А. Успенский, И.Н. Николотов// Тракторы и сельхозмашины. – 2009 - №8. –С. 45-46.
5. Розенблид Г.Б. Теплопередачи в дизелях. – М.: Машиностроение. – 1997г. – 215 с.
6. Катаев Ю. В., Вялых Д. Г. Исследование механизма образования нагароотложений в двигателе // Сельский механизатор. – 2015. – № 11. – С. 38-40.
7. Бышов Н.В. Сбережение энергозатрат и ресурсов при использовании мобильной техники / Н.В.Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский [и др.] – Рязань:ФГОУ ВПО РГАТУ, 2010. – 186 с.
8. Кокорев Г.Д. Современное состояние виброакустической диагностики автомобильного транспорта / Г.Д. Кокорев, И.Н. Николотов, И.А. Успенский// Нива Поволжья. – 2010. – №1 (14). – С. 39-43.
9. Khairy A.H. Kobbacy, D.N. Prabhakar Murthy Complex System Maintenance Handbook. - (Springer series in reliability engineering). Springer-Verlag London Limited, 2008, p.648
10. Nakagawa T. Maintenance theory of reliability. - (Springer series in reliability engineering). Springer-Verlag London Limited. 2005, p.274

Вклад авторов:



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

References

1. Kokorev G.D. Diagnostirovanie dizelej metodom cilindrovogo balansa/G.D. Kokorev, I.A. Uspenskiy, I.N. Nikolotov// *Traktory i sel'hozmashiny*. – 2009 - №8. – S. 45-46
2. Kostin, A.K. *Rabota dizelej v usloviyah ekspluatsii [Tekst] / A.K. Kostin, B.P. Pugachev, M.A. Kochinev*. – M.: Mashinostroenie, 1987. – 278 s.
3. Lenin I.M., Kostrov A.V. *Issledovanie teplootdachi v stenke v dvigatel'nykh vnutrennego sgoraniya. Avtomobil'naya promyshlennost'*. – 1983g. – №6. – p. 32-38.
4. Kokorev G.D. Diagnostirovanie dizelej metodom cilindrovogo balansa/G.D. Kokorev, I.A. Uspenskiy, I.N. Nikolotov// *Traktory i sel'hozmashiny*. – 2009 - №8. – S. 45-46.
5. Rozenblid G.B. *Teploperedachi v dizel'nykh [Heat transfer in diesel engines]* – M.: Mashinostroenie. – 1997g. – p. 215
6. Kataev Ju. V., Vjalyh D. G. *Issledovanie mehanizma obrazovaniya nagarootlozhenij v dvigatele // Sel'skiy mehanizator*. – 2015. – № 11. – p. 38-40.
7. Byshov N.V. *Sberezhenie energozatrat i resursov pri ispol'zovanii mobil'noj tekhniki / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspenskiy [i dr.] – Ryazan': FGOU VPO RGATU, 2010. – 186 s.*
8. Mukutadze Kokorev G.D. *Sovremennoe sostoyanie vibroakusticheskoy diagnostiki avtomobil'nogo transporta / G.D. Kokorev, I.N. Nikolotov, I.A. Uspenskiy // Niva Povolzh'ya*. – 2010. – №1 (14). – S. 39-43.
9. Khairy A.H. Kobbacy, D.N. Prabhakar Murthy *Complex System Maintenance Handbook*. - (Springer series in reliability engineering). Springer-Verlag London Limited, 2008, - p. 648
10. Nakagawa T. *Maintenance theory of reliability*. - (Springer series in reliability engineering). Springer-Verlag London Limited. 2005, p. 274

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

Карташов Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ak_29@mail.ru

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ivan.uspenskiy@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, yuival@rambler.ru

Филушин Олег Владимирович, канд. техн. наук, ассистент кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, olegfil93@mail.ru

Гаврилов Александр Михайлович, канд. техн. наук, ст. препод. кафедры автомобильных двигателей и сервиса, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, am_gavrilov@mail.ru

Author information

Kartashov Alexander A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation of Motor Transport, Penza State University of Architecture and Construction, ak_29@mail.ru

Uspenskiy Ivan A., Doctor Technical Sciences, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ivan.uspenskiy@yandex.ru

Yukhin Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Automotive Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, yuival@rambler.ru

Filushin Oleg V., Cand. techn. associate, assistant of the Department of technical operation of transport, Ryazan state agrotechnological University named after P. A. Kostychev, olegfil93@mail.ru

Gavrilov Alexander M., Candidate of Technical Sciences, senior lecturer. Departments of Automotive Engines and Service, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, am_gavrilov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 04.11.2023; одобрена после рецензирования 27.11.2023.; принята к публикации 12.12.2023

The article was submitted 04.11.2023.; approved after reviewing 27,11,2023.; accepted for publication 12.12.2023