Том 13, № 2, '2021

ISSN 2077-2084

12+

Вестник

Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева

ВЕСТНИК РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА имени П. А. КОСТЫЧЕВА

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

***05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)*

***05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (сельскохозяйственные науки)*

***05.20.03** – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки)*

***06.01.01** – Общее земледелие растениеводство (сельскохозяйственные науки)*

***06.01.02** – Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)*

***06.01.04** – Агрохимия (сельскохозяйственные науки)*

***06.02.05** – Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза (биологические науки)*

***06.02.05** – Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза (ветеринарные науки)*

***06.02.07** – Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки)*

***06.02.07** – Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (биологические науки)*

***06.02.10** – Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки)*

Научно-производственный журнал

Издается с 2009 года

Выходит один раз в квартал

Том 13 № 2 2021

Учредитель – ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»

СОСТАВ

редакционной коллегии и редакции журнала «Вестник РГАТУ»

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

Заместитель главного редактора
Л. Н. Лазуткина,
д-р пед. наук, доцент

Технический редактор
М. Ю. Пикушина,
канд. эконом. наук, доцент

Члены редакционной коллегии:

Сельскохозяйственные науки

Л. Д. Варламова, д-р с.-х. наук, профессор
М. А. Габибов, д-р с.-х. наук,профессор
В. В. Калашников, д-р с.-х. наук, профессор
О. И. Кальницкая, д-р вет. наук, доцент
С. А. Клементьева, д-р биол. наук
А. А. Коровушкин, д-р биол. наук, профессор
А. В. Коршунов, д-р с.-х. наук, профессор
Я. В. Костин, д-р с.-х. наук, профессор
В. И. Лебедев, д-р с.-х. наук, профессор
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
М. Д. Новак, д-р биол. наук, профессор
А. И. Новак, д-р биол. наук, доцент
Г. В. Ольгаренко, д-р с.-х. наук, профессор
А. Н. Постников, д-р с.-х. наук, профессор
В. Г. Семенов, д-р биол. наук, профессор
Д.И. Удавлиев, д-р биол. наук, профессор
Р. Н. Ушаков, д-р с.-х. наук, профессор
Г. Н. Фадькин, канд. с.-х. наук, доцент
Л. А. Храброва, д-р с.-х. наук, профессор
А. Ф. Шевхужев д-р с. -.х. наук, профессор

Технические науки

П. П. Гамаюнов, д-р техн. наук, профессор
И. К. Данилов, д-р техн. наук, доцент
М. Ю. Костенко, д-р техн. наук, доцент
В. И. Криштафович, д-р техн. наук, профессор
Г. К. Рембалович, д-р техн. наук, доцент
А. П. Савельев, д-р техн. наук, профессор
О. В. Савина, д-р с.-х. наук, профессор
И. А. Успенский, д-р техн. наук, профессор
М. Н. Чаткин, д-р техн. наук, профессор

Компьютерная верстка и дизайн – **Н. В. Симонова**
Корректор – **Е. Л. Малинина**
Перевод – **В. В. Романов**

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 № 1484. Дата выхода в свет 30.06.2021 г.

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 издательсва, типографии: г. Рязань, ул. Костычева, д. 1., ауд. 103. Цена издания 185 руб. 50 коп.
Подписной индекс издания в катологе "Пресса России" 82422

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

Scientific-Production Journal

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:

05.20.01 *- Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences)*
05.20.01 *- Technologies and means of agricultural mechanization (Agricultural Sciences)*
05.20.03 *- Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences)*
06.01.01 *- General agriculture, plant growing (Agricultural Sciences)*
06.01.02 *- Irrigation, land reclamation and land protection (Agricultural Sciences)*
06.01.04 *– Agrochemistry (Agricultural Sciences)*
06.02.05 *- Veterinary sanitation, ecology, zoo hygiene, and veterinary-sanitary expertise (Biological Sciences)*
06.02.05 *- Veterinary sanitation, ecology, zoo hygiene, and veterinary-sanitary expertise (Veterinary Sciences)*
06.02.07 *– Breeding, selection and genetics of farm animals (Agricultural Sciences)*
06.02.07 *– Breeding, selection and genetics of farm animals (Biological Sciences)*
06.02.10 *– Private livestock, technology of livestock products production (Agricultural Sciences)*

Issued since 2009
ssued once a quarter
Tom 13 # 2 2021
Founder – FSBEI HPE “Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev”

“RSATU Herald” EDITORIAL STAFF

Editor in Chief
S. N. Borychev,
Doctor of Technical Science, Full Professor

Editor in Chief Deputies
L.N. Lazutkina,
Doctor of Pedagogical Science, Associate Professor

Technical editor
M. Y. Pikushina,
Candidate of Economic Science, Associate Professor

Editorial Staff:
Agricultural Science

L. D. Varlamova, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
M. A. Gabibov, Doctoror of Agricultural Science, Full Professor
V. V. Kalashnikov, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
O. I. Kaliczkaya, Doctor of Veterinary Science, Associate Professor
S. A. Klementyeva, Doctor of Biological Science
A. A. Korovushkin, Doctor of Biological Science, Full Professor
A. V. Korshunov, Doctor of Agricultural Science, Full Professor,
Y. V. Kostin, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
V. I. Lebedev, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
Y. A. Mazhayskiy, Doctor of Agricultural Science, Full Professorof
V. P. Maksimenko, Doctor of Agricultural Science, Full Professorof
N. I. Morozova, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
M. D. Novak, Doctor of Biological Science, Full Professor
A. I. Novak, Doctor of Biological Science, Associate Professor
G. V. Olgarenko, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
A. N. Postnikov, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
V. G. Semenov, Doctor of Biological Science, Full Professor
D. I. Udavliev, Doctor of Biological Science, Full Professor
R. N. Ushakov, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
G. N. Fadkin, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor,
L. A. Khrabrova, Doctor of Agricultural Science, Full Professor,
A. F. Shevkhuzhev, Doctor of Agricultural Science, Full Professor,

Technical Science

P. P. Gamayunov, Doctor of Technical Science, Full Professor
I. K. Danilov, Doctor of Technical Science, Associate Professor
M. Y. Kostenko, Doctor of Technical Science, Associate Professor
V. I. Krishtafovich Doctor of Technical Science, Full Professor,
G. K. Rembalovich, Doctor of Technical Science, Associate Professor,
A. P. Savelyev, Doctor of Technical Science, Full Professor,
O. V. Savina, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
I. A. Uspenskiy, Doctor of Technical Science, Full Professor
M. N Chatkin, Doctor of Technical Science, Full Professor, Professor

Computer-Aided Makeup and Design – **N.V. Simonova**
Proof-Reader – **E.L. Malinina**
Translation – **V.V. Romanov**

Editorial address: 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1., RM. 103.,
tel: 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Circulation 700. Order No. 1484. Date of publication
Date of publication. 30.06.2021

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

Содержание

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ГЕРЦЕВА К. А., РОМАНОВА А. С., ШИШКИНА Е. А., ИЛЬИНА М. В. *СТРАТЕГИЯ ЛЕЧЕНИЯ РЕЦИДИВОВ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ БРОНХОВ И ЛЕГКИХ У ЛОШАДЕЙ* 5

ГЛОТОВА Г. Н., ПОЗОЛОТИНА В. А. *ДЕЙСТВИЕ АЛЛЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНА CSN3 МОЛОКА НА ЕГО СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ТВОРОГА* 14

ЗАХАРОВА О. А., МАШКОВА Е. И., ЕВСЕНКИН К. Н., КУЧЕР Д. Е., МУСАЕВ Ф. А. *ЦИФРОВИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РОСТОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ ЯЧМЕНЯ* 21

КАШИРИНА Л. Г., КАЧИНА Е. Н. *ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ЭКСПЕРТИЗА БАРАНИНЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ НАНОРАЗМЕРНОГО ПОРОШКА КОБАЛЬТА* 28

МИШУРОВ А. В. *ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА РУБЦОВЫЙ МЕТАБОЛИЗМ ОВЕЦ* 35

МУРАШОВА Е. А., ФЕДОСОВА О. А., СЕРЕБРЯКОВА О. В. *ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МЕДА НА ЕГО ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ* 42

ТЮЛЕБАЕВ С. Д., КАДЫШЕВА М. Д. *ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФНЫХ ГЕНОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ* 50

ШЕВХУЖЕВ А. Ф., ПОГОДАЕВ В. А. *ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ АБЕРДИН-АНГУССКОЙ ПОРОДЫ КРУПНОГО ВЫСОКОРОСЛОГО И МЕЛКОГО КОМПАКТНОГО ТИПА ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ* 56

ШЕВХУЖЕВ А. Ф., ВОРОКОВ В. Х., КОЖОКОВ М. К., ТАОВ И. Х., БИТТИРОВ А. М. *ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ БЫЧКОВ АБЕРДИН- АНГУССКОЙ ПОРОДЫ РАЗНОГО ТИПА ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ* 66

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

БЕГУНКОВ Т. Н. *АНАЛИЗ СИСТЕМ УДАЛЕНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА (NO_x) ИЗ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ* 73

БОРЫЧЕВ С. Н., ЛИМАРЕНКО Н. В., РАКУЛ Е. А., УСПЕНСКИЙ И. А., ЮХИН И. А. *МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА УРОВЕНЬ ЕГО САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ* 79

КОСТЕНКО М. Ю., СЕМЫНИН М. В., ВОЛКОВ С. С., СЕМЫНИН В. В. *ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ МИКРОСИСТЕМНОГО СИГНАЛИЗАТОРА СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНОЙ КОЛОДКИ РОБОТИЗИРОВАННОГО АВТОМОБИЛЯ* 87

ЛАТЫШЕНОК Н. М. *ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ АЭРАЦИЕЙ ЗЕРНА В КОНТЕЙНЕРАХ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДОЙ* 95

НОВИКОВ Н. М., КУКУШКИНА Т. Р., ШЕМЯКИН А. В. *УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ КУЗОВОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЛОШАДЕЙ АКУСТИКО-КАВИТАЦИОННЫМ СПОСОБОМ* 103

ПЛОТНИКОВ С. А., ГНЕВАШЕВ П. В., ШИШКИН Г. П., РЕЗНИК Е. Н. *БЕЗМОТОРНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТОПЛИВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ* 110

РОДИОНОВ Ю. В., НИКИТИН Д. В., АНОХИН С. А., ГУСЬКОВ А. А. *РЕЦЕПТУРЫ МОЮЩИХ СРЕДСТВ ДЛЯ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ МОЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ* 116

СТЕПАШКИНА А. С. *ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ НОМИНАЛЬНОГО ОБЪЕМА КУЗОВА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ РАБОТ* 122

ЧЕРНЫШЕВ А. Д. *ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕРМЕТИЧНОГО ВКЛАДЫША МЯГКОГО КОНТЕЙНЕРА ПРИ ХРАНЕНИИ КОМБИКОРМА В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА* 128

ЧУРИЛОВ Д. Г., АРАПОВ И. С., СТАРУНСКИЙ А. В., ПОЛИЩУК С. Д. *ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ* 136

ШЕМЯКИН А. В., БОРЫЧЕВ С. Н., КАШИРИН Д. Е., ПАВЛОВ В. В., КУЗНЕЦОВ А. С. *АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЧЕЛИНЫЕ СОТЫ* 142

Content

AGRICULTURAL SCIENCE

GERTSEVA K. A., ROMANOVA A. S., ILINA M. V., SHISHKINA E. A. EFFECTIVE USE OF LICORICE ROOT SYRUP IN THE COMPLEX THERAPY OF CHRONIC OBSTRUCTIVE BRONCHIAL AND LUNG DISEASE IN HORSES 5

GLOTOVA G. N., POZOLOTINA V. A. THE EFFECT OF ALLELIC VARIANTS OF THE CSN3 GENE OF MILK ON ITS COMPOSITION AND PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS IN THE PRODUCTION OF COTTAGE CHEESE 14

ZAKHAROVA O. A., MASHKOVA E.I., EVSENKIN K. N., KUCHER D. E., MUSAEV F. A. DIGITALIZATION OF BARLEY GROWTH MANAGEMENT 21

KASHIRINA L. G. KACHINA E. N., VETERINARY AND SANITARY EXAMINATION OF MUTTON OBTAINED UNDER THE INFLUENCE OF NANOSCALE COBALT POWDER 28

MISHUROV A. V. INFLUENCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON SHEEP RUMINAL METABOLISM 35

MURASHOVA E. A., FEDOSOVA O. A., SEREBRYAKOVA O. V. THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL FACTORS OF HONEY ON ITS ADDITIONAL QUALITATIVE INDICATORS 42

TYULEBAEV S. D., KADYSHEVA M. D. INFLUENCE OF POLYMORPHIC GENES ON QUALITATIVE INDICATORS OF MEAT PRODUCTS 50

SHEVKHUZHEV A. F.,POGODAEV V. A. THE PRODUCTIVITY OF LARGE TALL AND SMALL SHORT BULLS OF ABERDEEN-ANGUS BREED 56

SHEVKHUZHEV A. F., VOROKOV V. K., KOZHOKOV M. K., TAOV I. K., BITTIROV A. M. THE CHEMICAL COMPOSITION AND PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF MUSCLE TISSUE OF ABERDEEN-ANGUS BULLS OF DIFFERENT BODY TYPES 66

TECHNICAL SCIENCE

BEGUNKOV T. N. ANALYSIS OF NITROGEN OXIDES (NOX) REMOVAL SYSTEMS FROM EXHAUST GASES OF DIESEL ENGINES 73

BORYCHEV S. N., LIMARENKO N. V., RAKUL E. A., USPENSKIY I. A., YUKHIN I. A. MODELING THE INFLUENCE OF THE LIQUID MANURE MOISTURE ON THE LEVEL OF ITS SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL LOAD 79

KOSTENKO M.Y., SEMYNIN M.V., VOLKOV S. S., SEMYNIN V. V. THE PRINCIPLE OF CONSTRUCTING A MICROSYSTEM INDICATOR OF THE STATE OF THE BRAKE PAD OF A ROBOTIC CAR 87

LATYSHENOK N. M. PROSPECTS FOR THE USE OF AN ELECTRONIC CONTROL UNIT FOR GRAIN AERATION IN SEALED CONTAINERS WITH A CONTROLLED AIR ENVIRONMENT 95

NOVIKOV N. M., KUKUSHKINA T. R., SHEMYAKIN A. V. THE DEVICE FOR DECONTAMINATING THE BODIES OF VEHICLES FOR TRANSPORTING HORSES BY ACOUSTIC-CAVITATION METHOD 103

PLOTNIKOV S. A., GNEVASHEV P. V., SHISHKIN G. P., REZNIK E. N. ENGINELESS METHODS OF THE ESTIMATION OF OPERATIONAL PROPERTIES FUELSFOR AGRICULTURAL MACHINERY 110

RODIONOV Y. V., NIKITIN D.V., ANOKHIN S. A., GUSKOV A. A. DETERGENT RECIPES FOR WASHING AND DISINFECTING DAIRY EQUIPMENT FOR FARMING 116

STEPASHKINA A.S. IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE USE OF MOTOR VEHICLES BY INCREASING THE NOMINAL VOLUME OF THE BODY WHEN PERFORMING GRAIN HARVESTING OPERATIONS 122

CHERNYSHEV A. D. JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE SEALED INSERT OF A SOFT CONTAINER DURING STORAGE OF THE FOOD IN THE MEDIUM OF CARBON GAS 128

CHURILOV D. G., ARAPOV I.S., STARUNSKY A.V., POLISCHUK S.D. JUSTIFICATION OF APPLICATION MODES OF MACHINING ATTACHMENTS FOR PROCESSING PARTS BY THE METHOD OF PLASTIC DEFORMATION 136

SHEMYAKIN A. V., BORYCHEV S. N., KASHIRIN D. Y., PAVLOV V. V., KUZNETSOV A. S. ANALYTICAL SUBSTANTIATION OF THE RATIONAL MODE OF VIBRATION IMPACT ON THE HONEYCOMB 142

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 619:615.23 DOI10.36508/RSATU.2021.50.2.001

СТРАТЕГИЯ ЛЕЧЕНИЯ РЕЦИДИВОВ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ БРОНХОВ И ЛЕГКИХ У ЛОШАДЕЙ

ГЕРЦЕВА Ксения Аркадьевна, *канд. биол. наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, хирургии, акушерства и внутренних болезней животных, Рязанский государственный агротехнологический университет, okavet@ya.ru*

РОМАНОВА Анна Сергеевна, *ветеринарный врач, ИП Дубеев А. И. Малоярославецкого района Калужской области, susoikina92@mail.ru*

ШИШКИНА Елена Александровна, *ветеринарный врач, ООО «Старожиловский коннный завод», п. Старожилово Рязанской области, starkonezavod@mail.ru*

ИЛЬИНА Мария Вячеславовна, *специалист КСК «Успенский», Скопинского района Рязанской области. iljina.masha-ilina2017@yandex.ru*

Проблема и цель*. Целью исследований стало изучение терапевтической эффективности комплексной терапии хронической обструктивной болезни бронхов и легких (ХОББиЛ) у лошадей и экономическое обоснование лечения.*

Методология. *Научно-исследовательская экспериментальная работа проводилась на базе конюшни ИП Дубеев А.И. Малоярославецкого района Калужской области, ООО «Старожиловский конезавод», КСК «Успенский» Скопинского района, а также на базе частных конюшен Рязанской области в период с 2017-2019 гг. Объектом исследований являлись лошади с диагнозом ХОББиЛ. В процессе научной работы были собраны данные о распространении и манифестации ХОББиЛ на поголовье 16 лошадей различных пород, возраста и пола. На основании клинических и субклинических симптомов изучаемой патологии были составлены две схемы лечения ХОББиЛ у лошадей. В сравнительном аспекте изучена их терапевтическая эффективность, предоставлено экономическое обоснование терапии. Для этого были сформированы две аналогичные по диагнозу (ХОББиЛ) группы лошадей (n=8): контрольная и опытная.*

Результаты. *Установлено, что заболеваемость лошадей ХОББиЛ за период с 2017 по 2019 годы составляет от 2,0 до 11,7 %. Установлена тенденция увеличения на 4,4 % случаев ХОББиЛ в 2019 году по сравнению с 2017 годом. Выявлено, что наивысший процент ХОББиЛ (53 %) наблюдался у животных старшей группы (16-19 лет). На протяжении периода наблюдения изучаемая патология в 75 % случаев была отмечена у жеребцов, в 25 % – у кобыл. Изучением манифестации проявления ХОББиЛ выявлено, что наиболее часто встречающимися симптомами во время приступов были: снижение работоспособности, снижение упитанности, абдоминальный тип дыхания, экспираторная одышка, увеличение частоты дыхания и сердцебиения в 100 %; западение межреберных промежутков, запальный желоб, выпячивание анального отверстия («игра анусом») – в 70 %, изменение пищевого поведения в 60 %, носовое истечение в виде густой катаральной пены в 50 % и лихорадка в 10 % случаев болезни у лошадей. Разработана эффективная комплексная схема терапии лошадей с ХОББиЛ.*

Заключение. *Установлено, что при применении комплексного лечения ХОББиЛ у лошадей, включающего коррекцию условий содержания, внесение в рацион кормовых добавок «Equimins Clear Breather Supplement» и «Льняного масла», а также применение фармпрепаратов (дексаметазона, спутолизина, ингаляции беродуала) терапевтическая эффективность в опытной группе составила 87,5 %, что выше показателя контрольной группы на 12,5 %. Срок клинического выздоровления в опытной составил 9,8 суток, в контрольной группе 17,6 суток. Стоимость лечения ХОББиЛ в расчете на лошадь массой 500 кг составила 30530 руб., что в 2,2 раза больше чем в контроле. Однако это дорогостоящее лечение экономически обосновано, так как позволяет снизить сроки достижения ремиссии в 1,8 раза.*

Ключевые слова: *болезни лошадей, хроническая обструктивная болезнь бронхов и легких (ХОББиЛ), манифестация, лечение.*

© Герцева К. А., Романова А. С., Шишкина Е. А., Ильина М. В., 2021г.

Введение

Экспертной рабочей группой под эгидой Минсельхоза подготовлен проект Стратегии развития коневодства Российской Федерации на период до 2025 года. Проект предусматривает системное решение вопросов развития отечественного коневодства, его ресурсное и финансовое обеспечение.

Одной из основных целей Стратегии является увеличение поголовья лошадей в стране с 1,4 млн в 2018 году до 1,6 млн к 2025 году. Ожидаемый прирост за указанный период в 2 раза превышает темп увеличения численности лошадей за последние 12 лет [1, 2].В настоящее время в Рязанском регионе активно развивается отрасль коневодства [3, 4]. Лошади широко используются в конном спорте, в сфере агротуризма, в качестве живой тягловой силы в личных подсобных хозяйствах населения [5-7]. Распространение незаразных болезней у лошадей, возникающих по ряду причин, можно отнести к сдерживающим факторам развития коневодческой отрасли [8, 9, 10]. Болезни дыхательной системы у спортивных лошадей занимают второе место по частоте встречаемости среди заболеваний незаразной этиологии. Особенно остро вопрос эффективного лечения изучаемой патологии стоит в конном спорте [11, 12]. Ряд исследователей [13, 14, 15], считают, что среди хронических заболеваний легких лошадей наиболее часто регистрируется патология, в течение многих лет называемая ветеринарными врачами хронической обструктивной болезнью легких, имеющая аллергическую или неаллергическую природу и характеризующаяся бронхоконстрикцией, гиперпродукцией слизи, отеком слизистой оболочки бронхиального дерева и, в ряде случаев, частичным разрушением мукоцилиарного слоя воздухоносных путей [16, 17, 18]. В настоящее время поиск новых препаратов и схем комплексного лечения является актуальной задачей для ветеринарии в области коневодства. Цель исследований: изучить распространение ХОББиЛ среди незаразной патологии у лошадей, определить манифестацию данного синдрома, разработать эффективную комплексную схему терапии лошадей, больных ХОББиЛ, и предоставить экономическое обоснование.

Материалы и методы исследований

Научно-исследовательская работа проводилась на базе ИП Дубеев А.И. Малоярославецкого района Калужской области, ООО «Старожиловский конезавод», КСК «Успенский» Скопинского района, а также на базе частных конюшен Рязанской области в период с 2017 по 2019 годы. Объектом исследований являлись мерины с диагнозом ХОББиЛ. Предварительно были собраны данные по распространению ХОББиЛ у лошадей за 2017-2019 гг. В процессе научной работы были собраны также данные о манифестации ХОББиЛ на поголовье 16 лошадей различных пород и различного возраста. На основании полученных результатов по распространению и клиническому проявлению изучаемой патологии были составлены две схемы лечения ХОББиЛ у лошадей и изучена в сравнительном аспекте их терапевтическая эффективность, а также предоставлено экономическое обоснование лечения. Для опыта были сформированы две аналогичные (по полу, по диагнозу) группы лошадей (n=8): опытная и контрольная (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика подопытных лошадей

№	Кличка	Порода	Возраст, лет	Масса тела, кг	Пол
опытная группа (n=8)					
1	Ваня	Карачаевская	13	550	мерин
2	Дуняш	Тракененская	16	690	жеребец
3	Лас-Вегас	Ахалтекинская	9	550	мерин
4	Мэльвин	Арабская	11	410	мерин
5	Джерри	Русская верховая	22	600	мерин
6	Адам	Тракененская	15	560	кобыла
7	Мейсон	Русская верховая	18	530	жеребец
8	Панчо	Шетлендская пони	19	230	кобыла
контрольная группа (n=8)					
1	Вигер	Шайр	9	900	мерин
2	Киндер	Орловская	14	650	кобыла
3	Спринт	Шетлендская пони	32	170	кобыла
4	Тема	Тракененская	18	575	жеребец
5	Апостол	Тракененская	16	560	жеребец
6	Граф	Англо-рысак	17	605	мерин
7	Алмаз	Русская верховая	18	570	мерин
8	Гордый	Арабская	20	460	мерин

В опытной и контрольной группах в качестве лечения назначались следующие мероприятия с использованием средств, представленных в таблице 2. В практической ветеринарии применение специфических средств не всегда приводит к полноценной ремиссии у лошадей, больных ХОББиЛ. Ветеринарным специалистам приходится применять целый комплекс дорогостоящих пре-

паратов для патогенетической терапии, так как в организме животных при этой болезни происходят глубокие качественные изменения в большинстве органов и тканей, приводящие к дыхательной недостаточности.

Стоит отметить, что в случае с ХОББиЛ перед лечением необходимо в обязательном порядке провести диагностическое исследование животного путем проведения бронхоальвеолярного лаважа, рентгенографии, УЗИ. Бронхоальвеолярный лаваж позволил бы более точно исключить воспалительные заболевания бронхов и легких и назначить дополнительно антибактериальную терапию с учетом чувствительности микрофлоры к противомикробным средствам. Но, к сожалению, по разным причинам, в наших исследованиях данные методы не были применены.

На основе изучения клинической картины ХОББиЛ нами были разработаны комплексные схемы лечения этого заболевания. Стоит отметить, что сравнивать две схемы лечения в случае болезней лошадей не совсем правильно, так как все опытные животные не были аналогами по возрасту, условиям кормления и содержания и другим параметрам. Кроме этого, ХОББиЛ – полиэтиологическое заболевание, при котором очень важен в терапии индивидуальный подход в лечении с учетом тяжести, продолжительности рецидивов и наличия сопутствующих болезней (гастриты, колики, болезни суставов и др.) Учитывая все вышесказанное, нами были составлены две схемы лечения тяжелобольных лошадей 3-й и 4-й стадии ХОББиЛ.

Таблица 2 – Схема опыта

№	Мероприятия	
	опытная группа (n=8)	контрольная группа (n=8)
1	Содержание лошадей в левадах открытого типа	
2	Устранение присутствия рядом других животных, особенно коз, кошек, птицы (сенсибилизация пухом, шерстью)	
3	Регулярное смачивание скармливаемого сена	
	Легкий тренинг в хорошо проветриваемом манеже в постоянном режиме	
4	Льняное масло, внутрь по 50 мл 1 раз в день в течение 30 дней	
3	Дексаметазон, в/в: 1-й день - по 0,05 мг/кг 2-й день – по 0,03 мг/кг 3-й день - по 0,01 мг/кг 4-й день – по 0,005 мг/кг	Преднизолон, внутрь: 1 неделя – 0,7 мг/кг 2 неделя – 0,6 мг/кг 3 неделя – 0,5 мг/кг 4 неделя – 0,4 мг/кг; 1 раз в день в течение 30 дней
4	Беродуал, ингаляция по 0,012 мл/ кг (на 15-20 мл физ.раствора) на 1 прием, 2 раза в день, курс 14 дней.	Вентипульмин, гранулы, внутрь 0,05 г/1 кг 1 раз в день, курс 10 дней
5	Спутолизин (денбрексина гидрохлорида моногидрад 5 мг), внутрь по 60 мг/кг 2 раза в день, курс 14 дней	АЦЦ 200, порошок, внутрь, 400 мг (2 пак)/ 100 кг 2 раза в день в течение 5 дней
6	Кормовая добавка Эквиминес (Equimins Clear Breather Supplement – Чистое дыхание), внутрь по 0,18 г/кг в течение 10 дней, и после по 0,09 г/кг в течение 14 дней	Кормовая добавка «Солодка Active», внутрь по 1 мл/кг 1 раз в день в течение 28 дней

Главное в лечении ХОББиЛ – это устранение раздражителя слизистой оболочки дыхательных путей, т.е. содержание животных на открытом воздухе. Физическую нагрузку лошадям отменять было нельзя, но ее интенсивность в начале лечения необходимо было снизить, чтобы уменьшить частоту кашлевых рефлексов. В кормление лошадей были внесены корректировки: смачивание сена, устранение пыльного зерна, исключение присутствия других животных. В опытной группе была внесена кормовая добавка «Чистое дыхание» (страна производитель Англия). По данным источника [12], кормовая добавка «Чистое дыхание» (Clear Breather) обладает ангиопротекторным действием, уменьшает образование избытка мокроты и увеличивает поступление кислорода в организм. Она содержит MSM (метил сульфонил метан) 300 г/кг (биологический источник серы, необходимый для тканей легких), гесперидин 125 г/кг (натуральный биофлаваноид), и аскорбиновую кислоту 290 г/кг. В контрольной группе была внесена кормовая добавка «Солодка Active» (страна производитель Россия). В качестве основного средства, снимающего клинические проявления изнуряющего кашля, были ГКС (глкокортикостероиды). В опытной группе внутривенно был применен дексаметазон, в контрольной – преднизолон перорально. Назначение ГКС и бронходилятаторов осуществлялось под четким контролем основных физиологических показателей. В качестве бронхо-

литиков в опытной группе был применен препарат «Беродуал» (страна производитель Германия) в виде ингаляций, а в контрольной группе – препарат «Вентипульмин» (страна производитель Германия). Преимущества Беродуала заключаются в том, что он содержит два компонента (ипратропия бромид – М-холиноблокатор и фенотерол – ß₂-адреномиметик. Важно отметить, что при ингаляционном введении действие препарата местное, а не системное. Муколитическая терапия заключалась в применении в опытной группе препарата «Спутолизин» (страна производитель Германия), а в контрольной группе – «АЦЦ 200» перорально (страна производитель Германия). Все животные опытной и контрольной групп дополнительно получали кормовую добавку «Льняное масло» (страна производитель Россия) в качестве средства, повышающего адаптационные возможности лошадей за счет ангиопротекторного, антиоксидантного действия на организм полиненасыщенных жирных кислот. Курс лечения и клинического наблюдения за животными составлял 30 дней. Большое значение в процессе пропедевтики имела ежедневная видеофиксация животных с целью более точной оценки динамики ментального статуса больных лошадей как в покое, так и во время физической нагрузки. Каждый день проводился учет динамики клинической картины и фиксировались сроки выздоровления больных животных. По завершении научной работы представлено экономическое обоснование схем лечения ХОББиЛ у лошадей.

Результаты исследований

Согласно анализу заболеваемости лошадей в изучаемых хозяйствах за период с 2017 по 2019 годы на ХОББиЛ приходится от 2,0 до 11,7 % случаев заболевания. Важно подчеркнуть, что в изучаемых хозяйствах имелась тенденция увеличения случаев ХОББиЛ. Так, в 2019 году частота встречаемости изучаемой патологии на 4,4 % выше по сравнению с 2017 годом. Таким образом, значительное распространение заболеваний дыхательной системы среди лошадей, а именно ХОББиЛ, послужило для нас весомым обстоятельством для проведения научной работы, посвященной разработке и внедрению эффективных лечебных мероприятий при данной патологии. За период с 2017 по 2019 год отмечена сезонность, приходящаяся на зимний период (с декабря по февраль). Мы предполагаем, что, скорее всего, это связано с преобладающим содержанием животных в помещении, где часто наблюдается превышение в воздухе аллергенов (паутина, пыль, плесень и др.). Выявлено, что ХОББиЛ наблюдалась у 53 % животных старшей группы (16-19 лет), у 35 % лошадей среднего возраста (6-15 лет), у 12 % младшей группы (1-6 лет). На протяжении периода наблюдения изучаемая патология в 75 % случаев была отмечена у жеребцов, в 25 % – у кобыл. Предположительно установлено, что основными факторами риска развития ХОББиЛ в изучаемых хозяйствах явились следующие факторы: содержание животных в закрытых помещениях, присутствие пыли во время тренинга, климатический и алиментарный стресс, хронические воспалительные бронхиты. Изучая манифестацию проявления ХОББиЛ, выявили, что наиболее часто встречающимися симптомами во время приступов были: снижение работоспособности, снижение упитанности, абдоминальный тип дыхания, экспираторная одышка, увеличение частоты дыхания и сердцебиения в 100 %, западение межреберных промежутков, запальный желоб, выпячивание анального отверстия («игра анусом») – в 70 %, изменение пищевого поведения в 60 %, носовое истечение в виде густой катаральной пены в 50 % и лихорадка в 10 % случаев болезни у лошадей (рис. 1).

Рис. 1 – Лошадь с ХОББиЛ
(хорошо видны расширенные ноздри и западение межреберных промежутков во время вдоха в покое)

Показатели термометрии у лошадей с ХОББиЛ были в пределах референсных значений – 37,5-38,8 ℃, за исключением одного животного пони, у которого наблюдалось повышение до 40,3 °С. Данному животному было предпринято дополнительное лечение с применением антибактериальной терапии. При анализе состояния сердечно-сосудистой системы были отмечены тахикардия (ЧСС) – 61-75 уд./мин, усиление второго тона, в некоторых случаях аритмия. Частота дыхательных движений (ЧДД) во время приступа в покое также была повышена и составляла в среднем 39-48 дых.дв./мин. Согласно полученным результатам по манифестации ХОББиЛ можно говорить о наличии тяжелых 3-й и 4-й стадиях болезни, при которых происходят необратимые прогрессирую-

щие изменения в дыхательных путях. Выявлено, что срок клинического выздоровления в опытной группе составил 9,5 суток, тогда как в контрольной группе – 17,6 суток (табл.3).

Таблица 3 – Показатели эффективности лечения лошадей

Показатели	Группа	
	опыт (n=8)	контроль (n=8)
Сроки выздоровления, сутки	9,8±0,6	17,6±0,8
Терапевтическая эффективность, гол	7 (87,5 %)	6 (75 %)
Неполное выздоровление, гол	1 (12,5 %)	2 (25 %)

Терапевтическая эффективность лечения в опытной группе оказалась на 12,5 % выше, чем в контрольной и составила 87,5 %. Частота кашлевых приступов является важной оценкой динамики клинического состояния.

Выявлено, что в первый день болезни у лошадей преобладала высокая частота кашля свыше 80 кашлевых рефлексов в сутки (табл. 4). Заметное снижение кашлевых проявлений было отмечено на 7-й день, особенно в опытной группе. Мы предполагаем, что такое подавление кашлевого рефлекса произошло из-за быстрого действия дексаметазона, по сравнению с преднизолоном. Однако стоит помнить о нежелательных побочных эффектах дексаметазона и назначать его в строго в необходимой дозировке.

Рис. 2 – Лошадь с диагнозом ХОББиЛ (отчетливо виден запальный желоб)

Таблица 4 – Характеристика кашля у лошадей, больных ХОББиЛ, в процессе лечения

Показатели кашля	Группа					
	опыт (n=8)			контроль (n=8)		
	1 день	7 день	30 день	1 день	7 день	30 день
Частота кашля:						
– свыше 80 в сут.	5	-	-	6	-	-
– свыше 70 в сут.	3	1	-	2	2	-
– свыше 50 в сут.	-	2	1	-	3	2
– менее 20 в сут.	-	5	7	-	4	6

За счет бронходилятаторов у животных заметно, на 14-й день, в обеих группах тип дыхания стал грудобрюшным, исчезло расширение ноздрей в покое. Такие признаки как увеличение частоты сердцебиения и дыхания, бледность слизистых оболочек исчезали крайне медленно. Мы предполагаем, что это связано со значительными дегенеративными изменениями в сердечно-сосудистой и дыхательной системах при 3-й и 4-й стадии ХОБЛ, провоцирующих стойкую гипоксию.

Таблица 5 – Динамика изменения симптоматики ХОББиЛ у подопытных лошадей

Показатели, гол (%)	Группа					
	опыт (n=8)			контроль (n=8)		
	1 день	14 день	30 день	1 день	14 день	30 день
Абдоминальный тип дыхания, гол	8 (100%)	5 (62,5 %)	1 (12,5 %)	8 (100%)	5 (62,5 %)	2 (25,0 %)
Бледность ВСО (видимых слизистых оболочек)	8 (100%)	4 (50 %)	1 (12,5 %)	8 (100%)	4 (50 %)	2 (25,0 %)
Учащение частоты дыхательных движений	8 (100%)	5 (62,5 %)	1 (12,5 %)	8 (100%)	3(37,5 %)	2 (25,0 %)
Запальный желоб	8 (100%)	4 (50 %)	1 (12,5 %)	8 (100%)	4 (50 %)	2 (25,0 %)
Расширение ноздрей	8 (100%)	4 (50 %)	1(12,5 %)	8 (100%)	4(50 %)	2 (25,0 %)
Западение межреберных промежутков	8 (100%)	4 (50 %)	1 (12,5 %)	8 (100%)	4(50 %)	2 (25,0 %)
Выпячивание анального отверстия (игра анусом)	8 (100%)	4 (50 %)	1 (12,5 %)	8 (100%)	4 (50 %)	2 (25,0 %)

Продолжение таблицы 5

Признаки сердечно-сосудистой недостаточности:	8 (100%)	5 (62,5 %)	1 (12,5 %)	8 (100%)	3(37,5 %)	2 (25,0 %)
Катаральное носовое истечение	3 (37,5 %)	1 (12,5 %)	-	8 (100%)	4 (50 %)	1 (12,5 %)

По данным клинического наблюдения у 12,5 % голов в опытной группе и у 25 % лошадей контрольной группы не была достигнута полная ремиссия (табл.5). У этих животных заметно прослеживались резкое снижение упитанности, снижение работоспособности, учащение частоты дыхания и сердцебиения, западение межреберных промежутков и запальный желоб (рис.3). При расчете экономических затрат на лечение установлено, что стоимость лечения лошадей в опытной группе составила 30530 руб, а в контрольной 13920 руб. Таким образом, стоимость терапии в опытной группе в 2,2 раза выше (табл. 6). В то же время, учитывая летальность изучаемой патологии ХОББиЛ 3-й и 4-й степени тяжести и актуальную стоимость животного, это превышение незначительно. Высокая стоимость лечения ХОББиЛ связана с длительным курсом лечения и применением лекарственных средств импортного производства.

Рис.3 – Лошадь с ХОББиЛ, 4-я стадия тяжести заболевания (летальный исход)

Таблица 6 – Экономические затраты на лечебные средства при ХОББиЛ на лошадь весом 500 кг

№	Препарат		Цена, 1 ед., руб	Количество на курс лечения	Цена на курс лечения, руб.
СХЕМА № 1					
1	ГКС	Дексаметазон (4 мг/мл), № 10	180	2 упаковки (12 ампул)	360
2	Бронходилятаторы	Беродуал, 20 мл	300	9 флаконов	2700
3	Муколитики	Спутолизин, 840 г	8800	1 упаковка	8800
4	Ангиопротекторы	Кормовая добавка «Эквиминес Чистое дыхание», 700 г	5990	3 упаковка	17970
5	Адаптогены	Кормовая добавка «Льняное масло», 1 л	350	2 канистры	700
	ИТОГО	-	-	-	30530
СХЕМА № 2					
1	ГКС	Преднизолон, таб. 5 мг № 100	95	16 упаковок (1540 таб.)	1520
2	Бронходилятаторы	Вентипульмин, 500 г	9000	1 упаковка	9000
3	Муколитики	Порошок «АЦЦ 200», пакетик	10	100 пакетиков	1000
4	Фитотерапия	Кормовая добавка фитосироп «Солодка Active», 1 л	850	2 канистры	1700
5	Адаптогены	Кормовая добавка «Льняное масло», 1 л	350	2 канистры	700
	ИТОГО	-	-	-	13920

Стоит отметить, что разница в затратах на лечение животных опытной и контрольной групп составила 16610 руб. на одно животное в пользу контроля. Однако, несмотря на большие затраты, лечение в опытной группе является экономически обоснованным, так как позволяет сократить сроки

лечения в 1,8 раза и повысить терапевтическую эффективность на 12,5 %.

Заключение

Таким образом, заболеваемость лошадей в изучаемом хозяйстве за период с 2017 по 2019 годы незаразной патологией составляет 46,4 %, из них на долю ХОББиЛ приходится 31,7 %. Установлена тенденция увеличения на 4,4 % случаев ХОББиЛ в 2019 году по сравнению с 2017 годом. Выявлено, что наивысший процент ХОББиЛ (53 %) наблюдался у животных старшей группы (16-19 лет). Выявлено, что наиболее часто встречающимися симптомами во время приступов ХОББиЛ были: незначительное снижение работоспособности, абдоминальный тип дыхания, увеличение частоты дыхания и сердцебиения, влажный кашель, бледность ВСО (видимых слизистых оболочек) в 100 %; запал ребер в 70 %; изменение пищевого поведения в 50 %, носовое истечение в виде густой катаральной пены и лихорадка в 10 % случаев болезни у лошадей. Установлено, что при применении комплексного лечения ХОББиЛ у лошадей, включающего коррекцию условий содержания, внесение в рацион кормовых добавок «Equimins Clear Breather Supplement» и «Льняного масла», а также применение фармпрепаратов (дексаметазона, спутолизина, ингаляции бородуала) терапевтическая эффективность в опытной группе составила 87,5 %, что выше показателя в контрольной группе на 12,5 %. Срок клинического выздоровления в опытной группе составил 9,8 суток, в контрольной – 17,6 суток. Стоимость лечения ХОББиЛ в расчете на лошадь массой 500 кг составила 30530 руб., что в 2,2 раза больше чем в контроле. Однако это дорогостоящее лечение экономически обосновано, так как позволяет снизить сроки достижения ремиссии в 1,8 раза.

Список литературы

1. Министерство сельского хозяйства РФ. - URL:https://mcx.gov.ru/press-service/news/pogolove-loshadey-v-rossii-uvelichitsya-do-1-6-mln-k-2025-godu/
2. Захаров, В.А. К вопросу использования лошадей в досуговом коневодстве / В.А. Захаров, О.А. Карелина // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. № 2 (14). Издательство: Рязань, РГАТУ. 2012. – С.11-13. – URL: http://vestnik.rgatu.ru/archive/2_2012.pdf
3. Герунова, Л.К. Хроническая обструктивная болезнь легких у лошадей: фармакологическая поддержка и профилактика / Л.К. Герунова, А.А. Тарасенко, Т.Е. Антонова, Т.В. Бойко // Вестник Омского государственного аграрного университета. № 2. 2020г. – С.137-145. - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/hronicheskaya-obstruktivnaya-bolezn-legkih-u-loshadey-farmakologicheskaya-podderzhka-i-profilaktika
4. Карелина, О.А. Возрастные аспекты изменения репродуктивной функции жеребцов-производителей / О.А. Карелина, О.А. Федосова, Е.А. Мурашова, А.М. Зайцев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2020. № 1 (45). - С. 38-45. - URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43004294
5. Корнеева, А.В. Хронические обструктивные болезни бронхов у лошадей / А.В. Корнеева // Вестник РУДН. Серия: агрономия и животноводство. - 2011 - № 1. - С. 45-49. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/hronicheskie-obstruktivnye-bolezni-bronhov-u-loshadey
6. Левашова Н. Заболевания органов дыхания / Н. Левашова // Коневодство и конный спорт. 1996. - №1. - С. 14-15. - URL: https://elibrary.ru/contents.asp?id=34078754
7. Осокина, В.И. Сравнительная эффективность лечения гниения стрелки копыта у лошадей / В.И. Осокина, Д.В. Дубов, Е.В. Киселева, К.А. Герцева // Мат.национ.научн.-практ.конф. «Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для АПК». - Издательство: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (Рязань), 2017. – С.124-127. – URL: http://www.rgatu.ru/archive/sborniki_konf/29_12/sbor_1.pdf
8. Федосова, О.А. Биохимический статус крови и спермы жеребцов / О.А. Федосова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2010. № 3 (7). - С. 34-35. - URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23323887
9. Киселева, Е.В. Комплексная терапия хронической обструктивной болезни легких у лошадей с применением сиропа солодки голой / Е.В. Киселева, К.А. Герцева, М.И. Лозовану, И.О. Кирюхина, А.Г. Мишайкина // Вестник СМУ РГАТУ. № 2 (5).– Рязань: издательство Рязанского ГАТУ, 2017. – С.118-124.- URL: http://www.rgatu.ru/archive/documents/smu/vestniksmu_2017_2(5).pdf
10. Чистое дыхание (Respiratory Clear Breather), 1,4 кг. Ветеринарная аптека HorseVet. – URL: https://horsevet.ru/shop/veterinarnaya-apteka/dlya-dykhaniya/clear-breather-supplement-ekviminz-1-4-kg/
11. Intratracheal clenbuterolin the horse: its pharmacological efficacy and analytical detection/ Harkins J. D., Robinson N. E., Woods W. E. et al.// Journal of veterinary pharmacology and therapeutics.- 2000. № 23 - С.251 - 260. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2920696/
12. Britan, M.N. Nosological profile of animal farms of Ryazan oblast and evaluation of the efficiency of modern medicines for treating mastitis / K.A. Gerceva, E.V. Kiseleva V.V., Kulakov, E.O. Saytkhanov, R.S.Soshkin // International Journal of Pharmaceutical Research. 2019. Т. 11. № 1. - С. 1040 -1048. - URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41635428
13. Comparison of the caudal lung borders determined by percussion and ultrasonography in horses with recurrent airway obstruction/ Bacos Z., Voros K., Kellokoski H. et al.//Acta veterinaria Hungarica. 2003. -№ 53 (3) - с. 249-258.- URL: https://www.researchgate.net/publication/9075125_Comparison_of_the_caudal_lung_borders_

determined_by_percussion_and_ultrasonography_in_horses_with_recurrent_airway_obstruction

14. Clarke A. F. A review of environmental and host relation to equine respiratory disease //Equine veterinary journal- 1987. Vol. 19; № 5. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3315647/

15. Derksen F.J., Brown C.M., Sonea I. Comparison of transtracheal aspirate and bronchoalveolar lavage cytology in 50 horses with chronic lung disease// Equine veterinary journal 1989. - Vol. 21; № 1. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2920696/

16. Retrospective study of the relationships between age, inflammation and the isolation of bacteria from the lower respiratory tract of thoroughbred horses/ Chapman P. S., Green C, Main J. P. M. et al.//The veterinary record. 2000. -Vol.l46; №5 - C. 91-94. - URL: https://www.researchgate.net/publication/12632190_Retrospective_study_of_the_relationships_between_age_inflammation_and_the_isolation_of_bacteria_from_the_lower_respiratory_tract_of_thoroughbred_horses

17. Chronic obstructive pulmonary disease in the horse (COPD) / Ferro E., Faverzani S., Brambilla, P. G, Tradati F.// Ippologia. 1993. -Vol. 4 - C. 271—378. - URL: https://www.researchgate.net/publication/286697827_Chronic_obstructive_pulmonary_disease_in_a_dressage_horse

18. Derksen F. Chronic obstructive pulmonary disease (heaves) as an inflammatory condition // Equine veterinary journal. 1993. -Vol. 25; № 4 - C. 257-258. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8354206/

EFFECTIVE USE OF LICORICE ROOT SYRUP IN THE COMPLEX THERAPY OF CHRONIC OBSTRUCTIVE BRONCHIAL AND LUNG DISEASE IN HORSES

Gertseva Ksenia A., *c.b.n., associate Professor, head of the Department of veterinary and sanitary examination, surgery, obstetrics and internal diseases of animals, okavet@ya.ru*

Ryazan state agrotechnological university named after P. A. Kostychev

Romanova Anna S., *veterinary specialist of individual entrepreneur «Dubeev A. I.», Maloyaroslavetsky district of the Kaluga region, susoikina92@mail.ru*

Ilina Maria V., *assistant of the veterinary clinic "Vita" in Ryazan, iljina.masha-ilina2017@yandex.ru*

Shishkina Elena A., *veterinary specialist, limited liability company «Starozhilovsky horse factory», Starozhilovo village, Ryazan region, starkonezavod@mail.ru*

Problem and goal. *The aim of the research was to study the therapeutic effectiveness of complex therapy of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in horses with and provide an economic justification for treatment.*

Methodology. *Research work was carried out on the basis of IP Dubeev A. I. Maloyaroslavetsky district of the Kaluga region, LLC "Starozhilovsky Stud Farm", KSK "Uspensky" of the Skopinsky district, as well as on the basis of private stables of the Ryazan region in the period from 2017-2019. The object of research was horses with a diagnosis of COPD. In the course of scientific work, data were collected on the manifestation of hobbils on the livestock of 16 horses of various breeds and ages. Based on the clinical and subclinical symptoms of the studied pathology, two treatment regimens for COPD in horses were compiled. In a comparative aspect, their therapeutic and economic effectiveness is studied. For this purpose, two groups of horses (n=8) similar in diagnosis (COPD) were formed: a control group and an experimental group.*

Results. *It was found that the incidence of COPD horses for the period from 2017 to 2019 is from 2.0 to 11.7 %. The trend of an increase of 4.4% in cases of COPD in 2019 compared to 2017 was established. It was revealed that the highest percentage of hobbits (53 %) was observed in animals of the older group (16-19 years old). During the follow - up period, the studied pathology was observed in 75% of cases in stallions, and in 25% in mares. Studying the manifestation of the manifestation of COPD, it was revealed that the most common symptoms during seizures were: decreased performance, decreased fatness, abdominal type of breathing, expiratory shortness of breath, increased respiratory rate and heartbeat in 100 %, occlusion of the intercostal spaces, the ignition chute, protrusion of the anal opening ("playing with the anus") - in 70 %, changes in eating behavior in 60 %, nasal discharge in the form of thick catarrhal foam in 50% and fever in 10% of cases of the disease in patients with An effective comprehensive treatment regimen for horses with COPD has been developed.*

Conclusion. *It was found that when using complex treatment of COPD in horses, including correction of conditions of detention, introduction of feed additives "Equimins Clear Breather Supplement" and "Linseed oil" into the diet, as well as the use of pharmaceuticals (dexamethasone, sputolysin, berodual inhalation), the therapeutic effectiveness in the experimental group was 87.5%, which is 12.5% higher than in the control group. The period of clinical recovery in the experimental group was 9.8 days, in the control group 17.6 days. The cost of treatment of COPD per horse weighing 500 kg was 30530 rubles, which is 2.2 times more than in the control. However, this expensive treatment is economically justified, as it reduces the time to achieve remission by 1.8 times.*

Key words: *horse diseases, COPD, manifestation, treatment.*

Literatura

1.Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF. - URL:https://mcx.gov.ru/press-service/news/pogolove-loshadey-

v-rossii-uvelichitsya-do-1-6-mln-k-2025-godu/

2.Zaharov, V.A. K voprosu ispol'zovaniya loshadej v dosugovom konevodstve / V.A. Zaharov, O.A. Karelina // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. № 2 (14). Izdatel'stvo: Ryazan', RGATU. 2012. – S.11-13. – URL: http://vestnik.rgatu.ru/archive/2_2012.pdf

3.Gerunova, L.K. Hronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkih u loshadej: farmakologicheskaya podderzhka i profilaktika / L.K. Gerunova, A.A. Tarasenko, T.E. Antonova, T.V. Bojko // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. № 2. 2020g. – C.137-145. - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/hronicheskaya-obstruktivnaya-bolezn-legkih-u-loshadey-farmakologicheskaya-podderzhka-i-profilaktika

4.Karelina, O.A. Vozrastnye aspekty izmeneniya reproduktivnoj funkcii zherebcov-proizvoditelej / O.A. Karelina, O.A. Fedosova, E.A. Murashova, A.M. Zajcev // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2020. № 1 (45). - S. 38-45. - URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43004294

5.Korneeva, A.B. Hronicheskie obstruktivnye bolezni bronhov u loshadej / A.V. Korneeva // Vestnik RUDN. Seriya: agronomiya i zhivotnovodstvo. - 2011 - № 1. - S. 45-49. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/hronicheskie-obstruktivnye-bolezni-bronhov-u-loshadey

6.Levashova N. Zabolevaniya organov dyhaniya / N. Levashova // Konevodstvo i konnyj sport. 1996. - №1. - S. 14-15. - URL: https://elibrary.ru/contents.asp?id=34078754

7.Osokina, V.I. Sravnitel'naya effektivnost' lecheniya gnieniya strelki kopyta u loshadej / V.I. Osokina, D.V. Dubov, E.V. Kiseleva, K.A. Gerceva // Mat.nacion.nauchn.-prakt.konf. «Sovershenstvovanie sistemy podgotovki i dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya kadrov dlya APK». - Izdatel'stvo: Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva (Ryazan'), 2017. – S.124-127. – URL: http://www.rgatu.ru/archive/sborniki_konf/29_12/sbor_1.pdf

8.Fedosova, O.A. Biohimicheskij status krovi i spermy zherebcov / O.A. Fedosova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2010. № 3 (7). - S. 34-35. - URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23323887

9.Kiseleva, E.V. Kompleksnaya terapiya hronicheskoj obstruktivnoj bolezni legkih u loshadej s primeneniem siropa solodki goloj / E.V. Kiseleva, K.A. Gerceva, M.I. Lozovanu, I.O. Kiryuhina, A.G. Mishajkina // Vestnik SMU RGATU. № 2 (5).– Ryazan': izdatel'stvo Ryazanskogo GATU, 2017. – S.118-124.- URL: http://www.rgatu.ru/archive/documents/smu/vestniksmu_2017_2(5).pdf

10.CHistoe dyhanie (Respiratory Clear Breather), 1,4 kg. Veterinarnaya apteka HorseVet. – URL: https://horsevet.ru/shop/veterinarnaya-apteka/dlya-dykhaniya/clear-breather-supplement-ekviminz-1-4-kg/

11.Intratracheal clenbuterolin the horse: its pharmacological efficacy and analytical detection/ Harkins J. D., Robinson N. E., Woods W. E. et al.// Journal of veterinary pharmacology and therapeutics.- 2000. № 23 - C.251 - 260. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2920696/

12.Britan, M.N. Nosological profile of animal farms of Ryazan oblast and evaluation of the efficiency of modern medicines for treating mastitis / K.A. Gerceva, E.V. Kiseleva V.V., Kulakov, E.O. Saytkhanov, R.S.Soshkin // International Journal of Pharmaceutical Research. 2019. T. 11. № 1. - S. 1040 -1048. - URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41635428

13.Comparison of the caudal lung borders determined by percussion and ultrasonography in horses with recurrent airway obstruction/ Bacos Z., Voros K., Kellokoski H. et al.//Acta veterinaria Hungarica. 2003. -№

53 (3) - c. 249-258.- URL: https://www.researchgate.net/publication/9075125_ Comparison_of_the_caudal_lung_borders_determined_by_percussion_and_ultrasonography_in_horses_with_recurrent_airway_obstruction

14.Clarke A. F. A review of environmental and host relation to equine respiratory disease //Equine veterinary journal- 1987. Vol. 19; № 5. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3315647/

15.Derksen F.J., Brown C.M., Sonea I. Comparison of transtracheal aspirate and bronchoalveolar lavage cytology in 50 horses with chronic lung disease// Equine veterinary journal 1989. - Vol. 21; № 1. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2920696/

16.Retrospective study of the relationships between age, inflammation and the isolation of bacteria from the lower respiratory tract of thoroughbred horses/ Chapman P. S., Green C, Main J. P. M. et al.//The veterinary record. 2000. -Vol.I46; №5 - C. 91-94. - URL: https://www.researchgate.net/publication/12632190_

_Retrospective_study_of_the_relationships_between_age_inflammation_and_the_isolation_of_bacteria_from_the_lower_respiratory_tract_of_thoroughbred_horses

17.Chronic obstructive pulmonary disease in the horse (COPD) / Ferro E., Faverzani S., Brambilla, P. G, Tradati F.// Ippologia. 1993. -Vol. 4 - C. 271—378. - URL: https://www.researchgate.net/publication/286697827_Chronic_obstructive_pulmonary_disease_in_a_dressage_horse

18.Derksen F. Chronic obstructive pulmonary disease (heaves) as an inflammatory condition // Equine veterinary journal. 1993. -Vol. 25; № 4 - C. 257-258. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8354206/

УДК 575.174.015.3:637.04

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.002

ДЕЙСТВИЕ АЛЛЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНА CSN3 МОЛОКА НА ЕГО СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ТВОРОГА

ГЛОТОВА Галина Николаевна, *канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, galka270280@yandex.ru*

ПОЗОЛОТИНА Валентина Анатольевна, *канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, pozolotinav@mail.ru*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Проблема и цель. *Полученные данные о действии генотипа коров по локусу гена каппа-казеина на состав и физико-химические показатели молока позволяют применять молекулярно-генетическое маркирование для улучшения стад крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. Ввиду этого целью наших исследований явилось непосредственное определение взаимосвязи аллельных вариантов гена CSN3 с выходом уже готового продукта (в нашем случае – творога с массовой долей жира 9 %), а также с физико-химическими свойствами молока.*

Методология. *Животных подбирали методом пар-аналогов с учетом породности, продуктивности, живой массы и возраста. Кормление коров соответствовало всем нормам, корма балансировались по питательным веществам и были предназначены отдельно для каждой технологической группы животных. Анализы генотипов CSN3 были проведены в лаборатории ДНК-технологий ФГБНУ ВНИИплем, при этом ядерная ДНК выделялась из крови крупного рогатого скота при помощи достаточно распространенного в данной области метода (фенол-детергентного) с модификацией. Уровень генетической изменчивости рассчитывали, используя формулу Харди-Вайнберга (1908) и метод хи-квадрата. В соответствии с полученными генотипами формировали группы животных. Молочную продуктивность изучали при помощи контрольных доек. От опытных коров на третьем месяце лактации отобрали молоко. В лаборатории ФГБОУ ВО РГАТУ по молочному делу приготовили творог с массовой долей жира девять процентов. Качество продукта определяли органолептически. Полученные данные обрабатывались биометрически при использовании стандартной методики Меркурьевой Е.К. (1971).*

Результаты*. Было выделено три генотипа, такие как АА, АВ, ВВ: с гомозиготным генотипом АА – 46 голов (I группа), с гомозиготным генотипом ВВ – 4 (III группа), с гетерозиготным генотипом АВ – 29 голов (II группа), при этом в исследуемой популяции сохранялось генетическое равновесие. По третьей лактации наивысшие показатели по удою были отмечены в III группе животных по CSN3: коровы из этой группы достоверно превосходили своих сверстниц из I группы по CSN3 и II группы на 211 кг (P<0,01) и на 371 кг молока (P<0,001) соответственно. При проведении сравнительного анализа массовой доли жира животных II и III групп результат оказался схожим (3,81 %) и значительно выше данных I группы на 0,08 %. По массовой же доле белка отличные показатели были у коров III группы – 3,21 %. Молоко коров разных генотипов сворачивалось за разное время: I группы – 33,7±2,03 мин, III группы – 25,0±1,99 мин, II группы – 27,3±1,45. Наибольшее различие во временной фазе формирования сгустка в пробах молока животных разных генотипических групп отмечено в фазу гелеобразования. Было установлено самое быстрое время свертывания молока и наименьший расход рабочей смеси – у коров III группы по CSN3.*

Заключение. *Исследования показали, что более высокий выход творога (на 6,1-8,8 %) был получен из молока коров III группы, но, вместе с тем, расход цельного молока на единицу продукции был в этой группе животных самым низким. Проведенная экспертиза выявила лучшие вкусовые качества творога, который был выработан из молока коров II и III групп.*

Ключевые слова: *генотипирование, крупный рогатый скот, молочная продуктивность, молочный продукт, физико-химические свойства.*

Введение

Выход коровьего молока всегда сопровождался вопросом об увеличении его количества. Предприятия долгое время были увлечены только этим фактом, что повлекло большие проблемы, поскольку рост молочной продуктивности тесно связан с понижением устойчивости к таким заболеваниям, как мастит и лейкоз. В связи с этим, качество и биологическая безопасность молока, что непосредственно связано со здоровьем коровы, безмерно снижались.

Чтобы этого не допускать, в селекционно-племенной работе практикуется скрининг генетических маркеров хозяйственно-полезных признаков, связанных с качественным и количественным показателями молочной продуктивности: каппа-казеином и β-лактоглобулином, которые определяют устойчивость к маститу и лейкозу крупного рогатого скота [1, 11, 16].

Белок – самая важная часть молока, содержащая в себе все десять незаменимых кислот, которые организм не может синтезировать. Они участвуют в постройке новых тканей и клеток, а также присутствуют во всех важных биохимических процессах, что имеет большое значение для правильной работы живого организма [2, 13].

© Глотова Г. Н., Позолотина В. А., 2021 г.

Известно, что в коровьем молоке в среднем содержится примерно 3,2 % белков; содержание казеина в 300 раз больше, чем в остальных продуктах [18].

Ученые с помощью современных методов разделения и выделения белков доказали, что молоко содержит три группы белков (рис. 1):

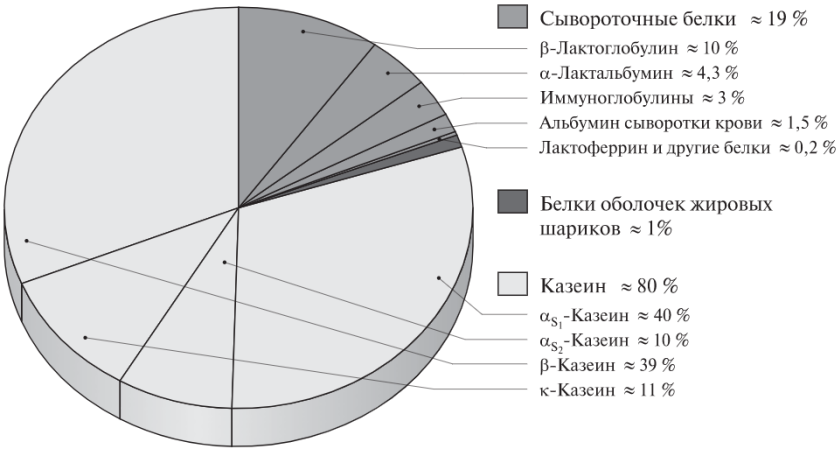


Рис. 1 – Классификация молочных белков

Как известно, у некоторых людей диагностируется непереносимость молочных белков, которая заключается в аллергических реакциях, проявляющихся у человека. Так, первая и вторая группы, взятые вместе или по отдельности, могут вызвать неблагоприятную реакцию организма. Например, одышку, сыпь и зуд, ухудшение цвета лица, сбой пищеварительных процессов [3, 8].

Молоко может выдерживать высокие температуры без видимой коагуляции белка. Это свойство называется термостойкостью, что определяется множеством факторов, действующих одновременно [6, 14, 17].

В целом белковая система уникальна: она может позволять проводить такие технологические операции, как пастеризация, обработка при сверхвысоких температурах (УВТ) и стерилизация [15].

Как известно, амфотерность – важная способность химических веществ и соединений проявлять как кислотные, так и основные свойства. Таким свойством обладает казеин. При изучении амфотерности белка ученые выявили, что его свободные аминогруппы легко взаимодействуют с альдегидами. Это основа определения содержания белка в молоке при титровании формалина. Но есть другой способ выделения данной фракции казеина, заключающийся в том, что некоторые белки могут вступать в реакцию с кислотами – в итоге образуется молочная кислота. Оба способа активно используются при изучении данного белка [12, 17].

Четыре первичные фракции казеина имеют различные генетические варианты: aS1 (CASA1, CSN1S1), aS2 (CASA2, CSN1S2), р (CSN2, CASB), к (CSN3, CASK). Представленные формы казеина различаются по аминокислотному составу, количеству полиморфных вариантов, молекулярной массе, содержанию в молоке и количеству фосфора. Казеин кодируется только отдельными аутосомными генами. Экспрессия генов aS1, P, aS2, к синхронно регулируется во время лактации, поскольку эти гены сцеплены. Аллель G имеет способность увеличивать твердость сыра во время его производства.

В случае гена CSN1S2, который кодирует казеин αS2, ученые до сих пор не могут определить надежные и значимые данные исследований, а также положительные и отрицательные эффекты влияния этого гена на молочные продукты. В данном гене учеными были обнаружены некоторые одиночные нуклеотидные замены в количестве четырех, которые играют непосредственную роль в количественном содержании белка. Эти показатели играют важную роль в эффективности производства молока и его качестве для дальнейшего использования.

Некоторое время назад внимание ученых привлекло непосредственно само местоположение CSN3. Исследователи отметили, что высокое содержание белка и лучшие свойства свертываемости молока связаны с аллелью B гена CSN3.

Ученые долго изучали данный белок и в результате выделили несколько аллелей каппа-казеина: A, B, C, E, F, G, H, K. Аллели показаны в порядке уменьшения электрофоретической подвижности. Чаще всего встречаются A и B аллели [5, 7, 10]. Выявить желательные генотипы стало возможным благодаря ПЦР [7, 9, 18].

Увеличение производства белковомолочных продуктов напрямую зависит от аллеля B CSN3 [4]. Благодаря методу ДНК-диагностики стало возможным идентифицировать генотипы по молочным белкам не только у лактирующих коров, но и у быков-производителей, что позволит эффективно использовать локусы гена каппа-казеина в селекционном процессе.

Ввиду этого целью наших исследований явилось непосредственное определение взаимосвязи аллельных вариантов гена CSN3 с выходом уже готового продукта (в нашем случае – девяти- процентного творога), а также физико-химическими и технологическими свойствами молока.

При выполнении исследований согласно цели определились задачи:

– идентифицировать генотип животных;

– выявить генетическую структуру данной популяции;

– установить частоту встречаемости желательного аллеля;

– установить зависимость удоя от различных аллелей CSN3;

– оценить некоторые физико-химические и технологические свойства молока коров разных генотипов;

– приготовить творог с массовой долей жира девять процентов, оценить качество произведенного продукта.

Объекты и методы

В опыте, который проводился в одном из хозяйств Рязанской области в период с 2017 по 2020 гг., было задействовано семьдесят девять коров черно-пестрой породы. Животных подбирали методом пар-аналогов с учетом породности, продуктивности, живой массы и возраста. Кормление коров соответствовало всем нормам, корма балансировались по питательным веществам и были предназначены отдельно для каждой технологической группы животных. Анализы генотипов CSN3 были проведены в лаборатории ДНК-технологий ФГБНУ ВНИИплем, при этом ядерная ДНК выделялась из крови крупного рогатого скота при помощи достаточно распространенного в данной области метода (фенол-детергентного) с модификацией. Уровень генетической изменчивости рассчитывали, используя формулу Харди-Вайнберга (1908) и метод хи-квадрата.

В соответствии с полученными генотипами формировали группы животных. Молочную продуктивность изучали при помощи контрольных доек. От опытных коров на третьем месяце лактации отобрали молоко. В лаборатории ФГБОУ ВО РГАТУ по молочному делу приготовили творог с массовой долей жира девять процентов. Качество продукта определяли органолептически. Все полученные данные были подвергнуты биометрической обработке, использовалась стандартная методика Меркурьевой Е.К. (1971).

Результаты исследований

Из данной популяции крупного рогатого скота было выделено три генотипа, такие как АА, АВ, ВВ: с гомозиготным генотипом АА – 46 голов (I группа), с гомозиготным генотипом ВВ – 4 (III группа), с гетерозиготным генотипом АВ – 29 голов (II группа) (рис. 2), при этом в исследуемой популяции сохранялось генетическое равновесие.

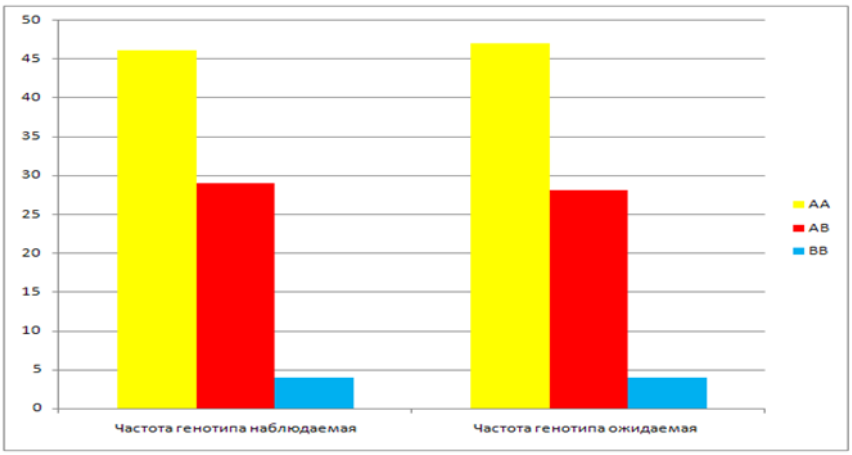


Рис. 2 – Полиморфизм гена CSN3 у коров черно-пестрой породы

Результаты анализа полиморфизма позволили выявить, что наблюдаемые частоты генотипов (I и III групп) немного ниже, чем ожидаемые.

Полученные результаты по изучению молочной продуктивности (рис. 3) говорят о том, что по третьей лактации наивысшие показатели по удою были отмечены в группе животных III группы по CSN3: коровы из данной группы превышали аналогичные показатели своих сверстниц I и II групп на 211 кг (P<0,01) и на 371 кг молока (P<0,001) соответственно.

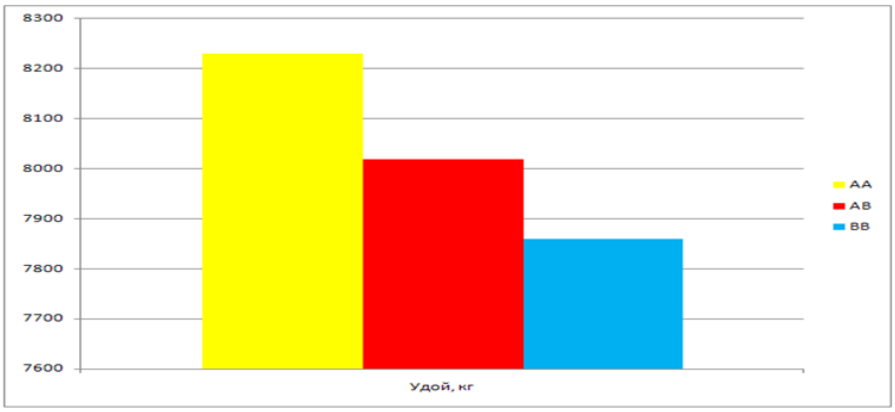


Рис. 3 – Удой коров черно-пестрой породы разных генотипов

При сравнительном анализе массовой доли жира животных II и III групп результат оказался схожим (3,81 %) и значительно выше данных I группы на 0,08 %. По массовой же доле белка отличные показатели были у коров III группы – 3,21 % (рис. 4).

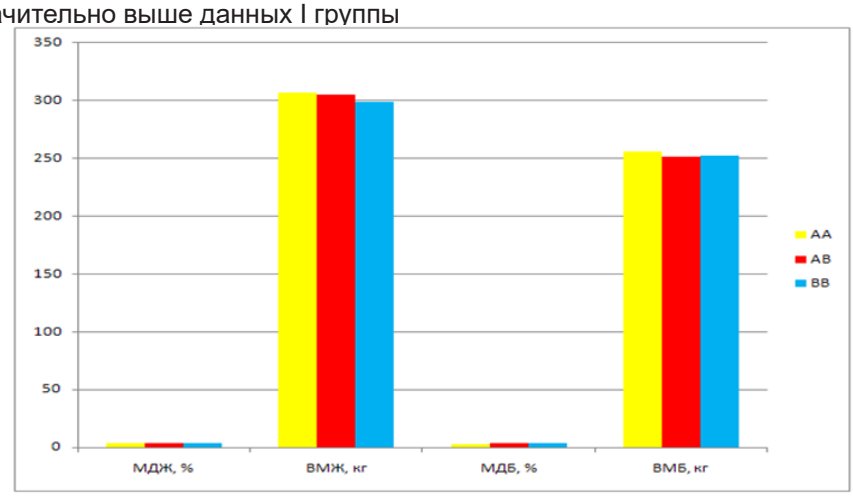


Рис. 4 – Состав молока животных

Из отобранного молока коров всех опытных групп был приготовлен 9%-й творог (в трех последовательностях) – для изучения технологических качеств молока (рисунки 5, 6, 7).

Молоко коров разных генотипов сворачивалось за разное время: у коров I группы – 33,7±2,03 мин, III группы – 25,0±1,99 мин, II группы – 27,3±1,45 мин. Наибольшее различие во временной фазе формирования сгустка в пробах молока животных разных генотипических групп отмечено в фазу гелеобразования.9 %-й творог вырабатывали следующим образом: готовили рабочую смесь, нормализовали данную смесь в соответствии с массовой долей жира (1,6 %).

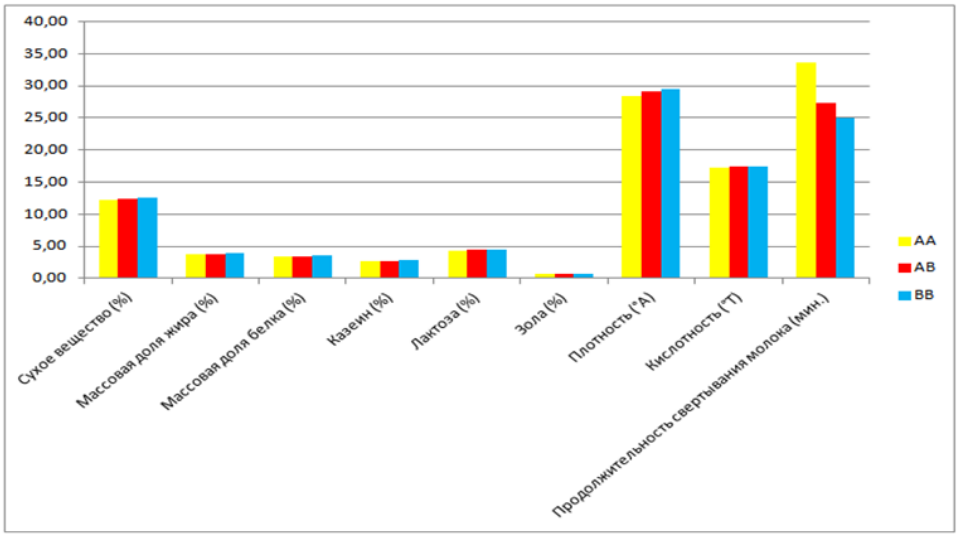


Рис. 5 – Сравнительная характеристика технологических качеств молока

Исследуемое молоко коров III группы характеризовалось более высоким уровнем содержания сухого вещества – 12,61 %, что на 0,22-0,48 % превосходило аналогичные показатели сверстниц.

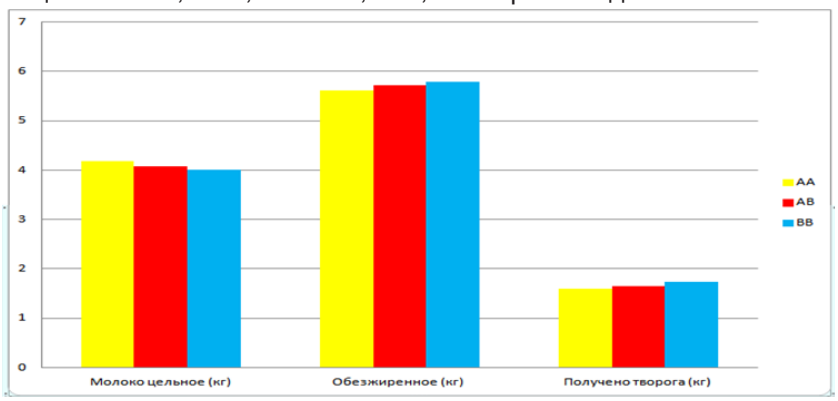


Рис. 6 – Расход молока на одну технологию приготовления 9 %-го творога

Полученные нами данные обуславливаются некоторым увеличением следующих показателей: МДЖ (3,86 %) – на 0,09-0,16 %, МДБ (3,51 %) на – 0,09-0,13 %, молочного сахара (4,51 %) на – 0,06-0,16 %.

Было установлено самое быстрое свертывание молока и наименьший расход рабочей смеси – у коров III группы по CSN3.

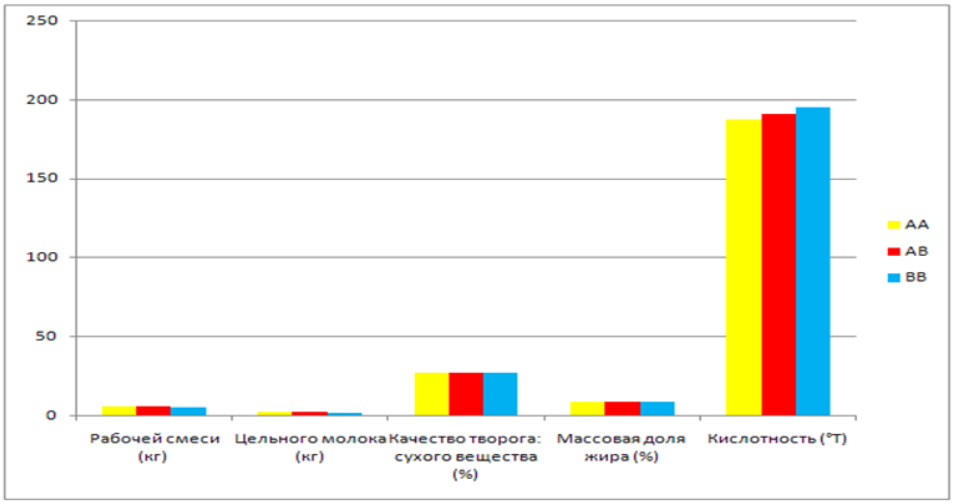


Рис. 7 – Расход молока на производство 1 кг 9 %-го творога

Органолептическая экспертиза отдала предпочтение вкусовым качествам творога, который был выработан из молока коров II и III групп по CSN3.

Выводы

1. У коров было выявлено три генотипа по локусу гена CSN3 – AA (I группа), AB (II группа), BB (III группа); животных с гомозиготными генотипами III и I групп – соответственно 4 и 46 голов, с гетерозиготным генотипом II группы – 29.

2. Результаты анализа полиморфизма позволили выявить животных I группы (47 %), III группы (4 %), II группы (28 %).

3. Частота желательного аллеля B была на уровне 0,234, а аллеля A – 0,766.

4. По третьей лактации наивысшие показатели по удою были отмечены в III группе животных по CSN3: коровы из данной группы превосходили своих сверстниц I и II групп по CSN3 соответственно на 211 кг (P<0,01) и на 371 кг молока (P<0,001).

5. Молоко коров сворачивалось за разное время: от животных I группы – 33,7±2,03 мин, III группы – 25,0±1,99 мин, II группы – 27,3±1,45. Наибольшее различие во временной фазе формирования сгустка в пробах молока животных разных генотипических групп отмечено в фазу гелеобразования. Во всех опытных группах такие физико-химические свойства молока, как плотность и кислотность, были в норме.

6. Выход 9 %-го творога, полученного из молока коров III группы по CSN3, превышал количество творога, полученного от группы коров с другими генотипами на 6,1-8,8 %. Было установлено самое малое время свертывания молока и наименьший расход рабочей смеси – у коров III группы по CSN3.

Список литературы

1. Аминокислотный состав молока высокопродуктивных коров черно-пестрой породы с различными генотипами каппа-казеина и бета-лактоглобулина / В.Н. Кутровский, О.Е. Покусай // Зоотехния. – 2011.– № 8. – С. 6-7. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=16913532.

2. Белковый состав и технологические свойства молока коров в период завершения лактации / М.П. Афанасьев, А.Р. Мухаметшина, Н.Н. Мухаметгалиев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. - 2010. – № 9. – С. 42-44. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=15253710.

3. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы с разными генотипами каппаказеина и пролактина / О.М. Шевелева, М.А. Часовщикова // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 9. – С. 74-77. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36328737.

4. Влияние генотипов гена каппа-казеина и страны происхождения быков-производителей голштинской породы на основные хозяйственно-полезные признаки их дочерей / О.П. Юдина, А.С. Делян, А.Н. Ермилов [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1. – С. 76-94. URL: https:// elibrary.ru/item.asp?id=43108732.

5. Гены белков молока и микросателлитные профили в популяциях симментальского скота различного происхождения / Е. Н. Коновалова, О. А. Львина, В. И. Сельцов [и др.] // Сельскохозяйственная биология. - 2007. - Т. 42. - № 6. - С. 35-40. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=9907701.

6. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов / К.К. Горбатова. – 5-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: ГИОРД. – 2021. – С 11-15. URL: https://library.tou.edu.kz/fulltext/buuk/b1056.pdf

7. Лоретц, О.Г. Молочная продуктивность и технологические свойства молока различных генотипов по каппа-казеину / О.Г. Лоретц // Ветеринария Кубани. – 2014. – № 2. С. 6-8. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21545867.

8. Оценка полиморфизма гена каппа-казеина у животных черно-пестрой породы /Р.Р. Шайдуллин, А.С. Ганиев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3 (31). – С. 104-109. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=24325271.

9. Продуктивные качества голштинских коров венгерской селекции разных генотипов / В.Г.

Труфанов, Д.В. Новиков, К.С. Барышников [и др.] // Зоотехния. – 2011. – № 2. – С. 5-6. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=15618510.

10. Часовщикова, М. Взаимосвязь генетических вариантов каппа казеина с молочной продуктивностью коров / М. Часовщикова // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – № 8. – С. 6-7. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=17233780.

11. Isolation and characterization of the bovine kappa-casein gene. Complete sequence of the bovine beta-lactoglobulinc DNA / L.J. Alexander, A.F. Stewart, A.G. Mackinlay [et al.] // Eur. J. Biochem. – 1988. – Vol.178. – P. 395-401. DOI: 10.1111/j.1432-1033.1988.tb14463.x.

12. Galloway, S.M. Mutations in an oocyte derived growth factor gene (BMP15) causes increased ovulation rate and infertility in a dosage sensitive manner / S.M. Galloway, K.P. McNatty, L.M. Cambridge // Nature Genet. – 2000. – Vol.25. – P.279–283. DOI: 10.1038/77033.

13. Grynchenko, N. Development of a theoretical model for the intensification of technological processes for manufacturing dairy products / N. Grynchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – T. 1. Vol. 11 (91). – P.22-32. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120875.

14. Kappa-casein polymorphism in Indian dairy cattle and buffalo: a new genetic variant in buffalo / A. Mitra, I. Schlee, J. Krause [et al.] // Anim. Biotechnol. – 1998. – Vol. 9. – P.81-87. DOI: https://doi.org/10.12681/jhvms.19617.

15. Sitlowska, B. Relation between kappa-casein polymorphism (CSN3) and milk performance traits in heifer cows / B. Sitlowska, W. Neja, E. Wiśniewska // J. Cent. Eur. Agr. – 2008. Vol. 9 (4). – P. 641-644. URL: https://www.researchgate.net/publication/27218797_Relations_between_kappacasein_polymorphism_CSN3_and_milk_performance_traits_in_heifer_cows.

16. Association of polymorphisms in the CSN2, CSN3, LGB and LALBA genes with milk production traits in Holstein cows raised in Turkey / B. Soyudal, S. Ardicli, H. Samli [et al.] // Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society. – 2019. – Vol. 69 (4). – P. 1271-1282. DOI: http://dx.doi.org/10.12681/jhvms.19617.

17. Trakovicka, A. Kappa-casein gene polymorphism (CSN3) and its effect on milk production traits / A. Trakovicka, N. Moravčikova, A. Navratilova // Acta fytotechnica et zootechnica. Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. – 2012. – Vol. 3. – P. 61-64. URL: http://acta.fapz.uniag.sk/journal/index.php/on_line/article/download/39/25.

18. Volkandari, S.D. Genetic polymorphism of kappa-casein gene in Friesian Holstein: A basic selection of dairy cattle superiority / S.D. Volkandari, I. Indriawati, E.T. Margawati // Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture. – 2017. – Vol. 42 (4). – P.213-219. DOI: 10.14710/jitaa.42.4.213-219.

THE EFFECT OF ALLELIC VARIANTS OF THE CSN3 GENE OF MILK ON ITS COMPOSITION AND PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS IN THE PRODUCTION OF COTTAGE CHEESE

Glotova Galina N., *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, galka270280@yandex.ru*

Pozolotina Valentina A., *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, pozolotinav@mail.ru*

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev

Problem and goal. *The obtained data on the effect of the cow genotype on the kappa-casein gene locus on the composition and physico-chemical parameters of milk allow the use of molecular genetic labeling to improve the dairy productivity of cattle herds. In view of this, the aim of our research was to directly determine the relationship of allelic variants of the CSN3 gene with the yield of the finished product (in our case, cottage cheese with a mass fraction of fat of 9%), as well as the physical and chemical properties of milk.*

Methodology. *The animals were selected by the method of pairs-analogues, taking into account breed, productivity, live weight and age. The cows were fed in accordance with all the norms, the feed was balanced in terms of nutrients and was intended separately for each technological group of animals. CSN3 genotypes were analyzed in the laboratory of DNA technologies of VNIIplem, while nuclear DNA was isolated from the blood of cattle using a fairly common method in this field (phenol-detergent) with modification. The level of genetic variation was calculated using the Hardy-Weinberg formula (1908) and the chi-square method. Groups of animals were formed in accordance with the obtained genotypes. Milk productivity was studied using control milking machines. Milk was taken from the experienced cows in the third month of lactation. In the laboratory of the FGBOU VO RGATU for dairy business, cottage cheese with a mass fraction of fat of nine percent was prepared. The quality of the product was determined organoleptically. The obtained data were processed biometrically using the standard method of Merkur'eva E. K. (1971).*

Results. *Three genotypes were identified, such as AA, AB, and BB: with the homozygous genotype AA-46 heads (group I), with the homozygous genotype BB – 4 (group III), and with the heterozygous genotype AB – 29 (group II), while the genetic balance was maintained in the study population. In the third lactation, the highest milk yield indicators were observed in the III group of animals according to CSN3: cows from this group significantly exceeded their peers from the I group according to CSN3 and group II by 211 kg (P<0.01) and 371 kg of milk (P<0.001), respectively. When conducting a comparative analysis of the mass fraction of fat of animals of groups II and III, the result was similar (3.81 %) and significantly higher than the data of group I by 0.08 %. In terms of the mass fraction of protein, the cows of group III had excellent indicators – 3.21 %. The milk of cows of different genotypes was curdled at different times: group I-33.7±2.03 min, group III-25.0±1.99 min, group II-27.3±1.45. The greatest difference in the time phase of clot formation in milk samples from animals of different genotypic groups was observed in the gelation phase. The fastest milk clotting time and the lowest*

consumption of the working mixture were found in cows in the CSN3 group III.
Conclusion. *Studies have shown that a higher yield of cottage cheese (by 6.1-8.8 %) was obtained from the milk of cows of group III, but at the same time, the consumption of whole milk per unit of production was the lowest in this group of animals. The conducted examination revealed the best taste qualities of cottage cheese, which was produced from the milk of cows of groups II and III.*

Key words: *genotyping, cattle, dairy productivity, dairy product, physical and chemical properties*

Literatura

1. Aminokislotnyj sostav moloka vysokoproduktivnyh korov cherno-pestroj porody s razlichnymi genotipami kappa-kazeina i beta-laktoglobulina / V.N. Kutrovskij, O.E. Pokusaj // Zootekhniya. – 2011.– № 8. – S. 6-7. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=16913532.

2. Belkovyj sostav i tekhnologicheskie svojstva moloka korov v period zaversheniya laktacii / M.P. Afanas'ev, A.R. Muhametshina, N.N. Muhametgaliev [i dr.] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - 2010. – № 9. – S. 42-44. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=15253710.

3. Biologicheskie i produktivnye osobennosti korov cherno-pestroj porody s raznymi genotipami kappakazeina i prolaktina / O.M. SHeveleva, M.A. CHasovshchikova // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2018. – T. 32. – № 9. – S. 74-77. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36328737.

4. Vliyanie genotipov gena kappa-kazeina i strany proiskhozhdeniya bykov-proizvoditelej golshtinskoj porody na osnovnye hozyajstvenno-poleznye priznaki ih docherej / O.P. YUdina, A.S. Delyan, A.N. Ermilov [i dr.] // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2020. – № 1. – S. 76-94. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43108732.

5. Geny belkov moloka i mikrosatellitnye profili v populyaciyah simmental'skogo skota razlichnogo proiskhozhdeniya / E. N. Konovalova, O. A. L'vina, V. I. Sel'cov [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. - 2007. - T. 42. - № 6. - S. 35-40. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=9907701.

6. Gorbatova, K.K. Biohimiya moloka i molochnyh produktov / K.K. Gorbatova. – 5-e izd., ispr. i dop. – Sankt-Peterburg: GIORD. – 2021. – S 11-15. URL: https://library.tou.edu.kz/fulltext/buuk/b1056.pdf

7. Loretc, O.G. Molochnaya produktivnost' i tekhnologicheskie svojstva moloka razlichnyh genotipov po kappa-kazeinu / O.G. Loretc // Veterinariya Kubani. – 2014. – № 2. S. 6-8. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21545867.

8. Ocenka polimorfizma gena kappa-kazeina u zhivotnyh cherno-pestroj porody R.R. SHajdullin, A.S. Ganiev // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2015. – № 3 (31). – S. 104-109. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=24325271.

9. Produktivnye kachestva golshtinskih korov vengerskoj selekcii raznyh genotipov / V.G. Trufanov, D.V. Novikov, K.S. Baryshnikov [i dr.] // Zootekhniya. – 2011. – № 2. – S. 5-6. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=15618510.

10. CHasovshchikova, M. Vzaimosvyaz' geneticheskih variantov kappa kazeina s molochnoj produktivnost'yu korov / M. CHasovshchikova // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2011. – № 8. – S. 6-7. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=17233780.

11. Isolation and characterization of the bovine kappa-casein gene. Complete sequence of the bovine beta-lactoglobulinc DNA / L.J. Alexander, A.F. Stewart, A.G. Mackinlay [et al.] // Eur. J. Biochem. – 1988. – Vol.178. – P. 395-401. DOI: 10.1111/j.1432-1033.1988.tb14463.x.

12. Galloway, S.M. Mutations in an oocyte derived growth factor gene (BMP15) causes increased ovulation rate and infertility in a dosage sensitive manner / S.M. Galloway, K.P. McNatty, L.M. Cambridge // Nature Genet. – 2000. – Vol.25. – P.279–283. DOI: 10.1038/77033.

13. Grynchenko, N. Development of a theoretical model for the intensification of technological processes for manufacturing dairy products / N. Grynchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – T. 1. Vol. 11 (91). – P.22-32. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120875.

14. Kappa-casein polymorphism in Indian dairy cattle and buffalo: a new genetic variant in buffalo / A. Mitra, I. Schlee, J. Krause [et al.] // Anim. Biotechnol. – 1998. – Vol. 9. – P.81-87. DOI: https://doi.org/10.12681/jhvms.19617.

15. Sitlowska, B. Relation between kappa-casein polymorphism (CSN3) and milk performance traits in heifer cows / B. Sitlowska, W. Neja, E. Wiśniewska // J. Cent. Eur. Agr. – 2008. Vol. 9 (4). – P. 641-644. URL: https://www.researchgate.net/publication/27218797_Relations_between_kappacasein_polymorphism_CSN3_and_milk_performance_traits_in_heifer_cows.

16. Association of polymorphisms in the CSN2, CSN3, LGB and LALBA genes with milk production traits in Holstein cows raised in Turkey / B. Soyudal, S. Ardicli, H. Samli [et al.] // Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society. – 2019. – Vol. 69 (4). – P. 1271-1282. DOI: http://dx.doi.org/10.12681/jhvms.19617.

17. Trakovicka, A. Kappa-casein gene polymorphism (CSN3) and its effect on milk production traits / A. Trakovicka, N. Moravčikova, A. Navratilova // Acta fytotechnica et zootechnica. Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. – 2012. – Vol. 3. – P. 61-64. URL: http://acta.fapz.uniag.sk/journal/index.php/on_line/article/download/39/25.

18. Volkandari, S.D. Genetic polymorphism of kappa-casein gene in Friesian Holstein: A basic selection of dairy cattle superiority / S.D. Volkandari, I. Indriawati, E.T. Margawati // Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture. – 2017. – Vol. 42 (4). – P.213-219. DOI: 10.14710/jitaa.42.4.213-219.

УДК 004.6: 633.16

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.003

ЦИФРОВИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РОСТОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ ЯЧМЕНЯ

ЗАХАРОВА Ольга Алексеевна, *д-р с.-х. наук, профессор кафедры агрономии и агротехнологий, ol-zahar.ru@yandex.ru*

МАШКОВА Елена Ивановна, *канд. экон. наук, доцент кафедры бизнес-информатики и прикладной математики, elena_mashkova@mail.ru*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

ЕВСЕНКИН Константин Николаевич, *канд. техн. наук, вед. научн. сотрудник ФГБНУ «Всероссийский государственный научно-исследовательский институт имени А.Н. Костякова», kn.evsenkin@yandex.ru*

КУЧЕР Дмитрий Евгеньевич, *канд. техн. наук, доцент Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов (РУДН), научный руководитель научно-исследовательского и проектного института, dmitr004@gmail.com*

МУСАЕВ Фаррух Атауллахович, *д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева», musaev@rgatu.ru*

Проблема и цель. *В настоящее время все больше внедряются в сельскохозяйственное производство информационные технологии, позволяющие в режиме он-лайн воспользоваться необходимой информацией по конкретной теме, прогнозировать процессы и снизить риски последствий предлагаемых мероприятий. В стране уже действует ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», информационно-коммуникационная платформа «Цифровая мелиорация» и др. Авторами предложен алгоритм управления ростовыми процессами ячменя, возделываемого на торфяных почвах длительного осушения при внесении нового удобрительного мелиоранта на основе козьего навоза.*

Методология. *Исследования включали лизиметрический трехлетний опыт по изучению эффективности нового удобрительного мелиоранта в п. Полково Рязанского района Рязанской области и установлении оптимального варианта. В работе применялись цифровые технологии в виде платформенных решений, доступные его резидентам в интернет-пространстве, Единая федеральная информационная система, содержащая информацию о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН), технология промышленного интернета вещей, автоматизированная метеостанция.*

Результаты. *Для расчета водного баланса территории, величины транспирации и эвапотранспирации, аккумуляции азота растениями и его выноса в грунтовые воды использовалась имитационная модель фитоценоза "АМПРА" разработанная во ВНИИГиМе. Для решения поставленной цели нами были собраны данные о мелиоративном объекте, качестве почвы, урожаям за многолетний период, погодным условиям, эффекту от каждого нового приема в технологии возделывания культур. Пполучен непрерывный доступ к информации о погоде через автоматическую метеостанцию; интегрирована система управления данными с применением модели “АМПРА” (Авторегуляторная Модель Почва-Растение-Атмосфера); внедрена система бизнес-аналитики для обработки полученных данных и разработки алгоритмов для подготовки инструкции; использована компьютерная программа Statistica 10 для обработки данных, управления и прогноза процессов. Модель позволила спрогнозировать снижение урожайности зерна ячменя при повышении дозы удобрительного мелиоранта более чем 15 т/га.*

Заключение. *Решать проблемы сельского хозяйства в настоящее время целесообразно с использованием цифровых технологий. Так, использованная в исследованиях модель роста растений "АМПРА" позволила отследить процессы накопления основных питательных веществ при внесении в почву удобрительного мелиоранта в условиях полива, изменение тургорного давления в разные часы суток; определить влагообеспеченность растений и водный потенциал листьев; получить рассчитанный листовой индекс, высоту растений и площадь корней.*

Ключевые слова: *цифровизация, лизиметрический опыт, мелиорант, ростовые процессы ячменя, прогноз*

Введение

Основной проблемой агроэкосистем, являющихся неустойчивым сообществом и требующих поддержания человеком, является получение высокого урожая возделываемых культур, соответствующего нормативу качества продукции в условиях проявления признаков деградации почвы [12]. Проявление негативных явлений были,

© Захарова О. А., Машкова Е. И., Евсенкин К. Н., Кучер Д. Е., Мусаев Ф. А., 2021 г.

в частности, установлены авторами при проведении почвенно-экологического, мелиоративного мониторинга и геоботанического обследования луга на объекте Тинки-II в зоне длительно осушаемой почвы, организованного с целью обеспечения экологической устойчивости объекта [5, 8, 9]. Обеспечить прогноз и дальнейшее прогрессивное развитие почвенных процессов при высоком физическом и моральном износе мелиоративных систем затруднительно, поэтому на помощь придут инновационные приемы возделывания культур и информационные технологии [7, 10].

На современном этапе оптимизировать работу, открыть доступ к необходимой информации возможно при использовании цифровых, информационных и телекоммуникационных ресурсов, цифровизации процессов в сельском хозяйстве. В стране действует программа «Цифровое сельское хозяйство», цель которой – переход сельского хозяйства на другой качественный уровень при внедрении цифровых технологий [3, 7]. Обобщение разных по важности данных, полученных при приведении мониторинга, при использовании цифровых технологий позволяет сформировать качественно новое знание о проходящих процессах в агроэкосистеме и выявлять достоверные закономерности процессов. В результате использования цифровых, информационных и телекоммуникационных ресурсов есть возможность снизить риски мелиоративного вмешательства и получить экономический эффект от него [11]. Цифровизация управления мелиоративными приемами реальна в рамках информационно-коммуникационной платформы «Цифровая мелиорация», что позволяет осуществление новых условий взаимодействия с товаропроизводителями и продвижение инновационных решений [7, 16]. Goldman Sachs прогнозирует, что внедрение цифровых технологий увеличит производительность мирового сельского хозяйства на 70 % к 2050 году.

Алгоритм управления в проведенных авторами исследованиях предполагал следующие операции:

– сбор данных, анализ, обобщение и разработка шкал оценки;

– выбор вариантов управления процессами;

– проверка варианта и выбор оптимального результата;

– внедрение мероприятия с учетом конкретных ситуаций;

– установление прогноза будущего состояния среды;

– оценка результативности принятого решения.

Все вышеперечисленные составляющие мониторинга: почва, растения, грунтовые воды, состояние осушительной системы в целом взаимосвязаны. Решить технические вопросы с восстановлением осушительной системы в настоящее время не представляется возможным, поэтому внедрение инновационных приемов в технологию возделывания сельскохозяйственных культур с применением цифровых ресурсов является актуальной задачей.

Цель работы – цифровизация управления ростовыми процессами ячменя при внесении нового удобрительного мелиоранта.

Научная новизна заключается в использовании цифровых технологий в мелиорации на конкретном объекте Рязанской Мещеры.

Практическая значимость заключается во введении собранной информации в единую базу данных информационно-коммуникационной платформы «Цифровая мелиорация».

Объекты и методы исследований

Исследования проводились в течение трех лет на территории лизиметрической станции [4] Мещерского отделения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова в п. Полково на территории мелиоративного объекта Тинки-II.

Материалы исследования – научная литература, практические рекомендации, стандарты, многолетние отчеты ВНИИГиМ и результаты научно-исследовательских работ Рязанского ГАТУ. Методы исследований – анализ, сравнение, логика, системный подход.

Известные и часто применяемые авторами в работе IT-технологии включали промышленный интернет вещей, высокоточную навигацию, виртуальную реальность, прогнозирование. С целью привлечения участников для получения обширной информации Министерство сельского хозяйства России ввело Единую федеральную информационную систему, содержащую информацию о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) в режиме он-лайн [1, 2, 7].

В работе авторами была применена технология промышленного интернета вещей, с помощью которой оценена высота растений ячменя ярового при внесении в почву нового удобрительного мелиоранта в условиях орошения при наличии исходной информации, полученной с помощью различных устройств (сенсоров, видеокамер спектрального диапазона) в режиме реального времени, в едином информационном поле, созданном в цифровом пространстве.

Разработанный удобрительный мелиорант (УМ) на основе козьего навоза, осадка сточных вод коммунального хозяйства Рязанского района, измельченной соломы и комплекса эффективных микроорганизмов Байкал ЭМ-1 использовался на длительно осушаемой торфяной почве мелиоративного объекта Тинки-II близ п. Полково Рязанского района Рязанской области для восстановления плодородия и повышения урожайности ярового ячменя, используемого на кормовые цели. Соотношение C:N (20-30):1 обеспечивало оптимальное разложение органического вещества, в УМ C:N=22:1.

Схема лизиметрического опыта включала систематическое размещение вариантов в четырехкратной повторности в одном ярусе. Внесение УМ однократное.

Нормы внесения мелиоранта – из расчета на сухое вещество:

контроль;

вариант 1 – УК 5 т/га;
вариант 2 – УК 10 т/га;
вариант 3 – УК 15 т/га.

Почва отличалась неблагоприятными водно-физическими и агрохимическими свойствами, развившимися в результате 65-летнего воздействия осушительной (а в 1980-х гг. осушительно-увлажнительной) мелиорации. В опыте производились поливы природной водой с использованием комплекта ирригационного КИ-5 при снижении влажности почвы до 70 % от НВ (рис. 1).

Тепловлагообеспеченность рассчитывалась самостоятельно по показаниям автоматической метеостанции на лизиметрической станции п. Полково. В среднем температура воздуха и количество выпавших осадков соответствовали среднемноголетним показателям с чередованием засушливых и влажных, теплых и холодных периодов, что является климатической особенностью региона [6]. Гидротермический коэффициент по Селянинову был равен от 0,9 до 1,1.

Результаты исследований

Производство сельскохозяйственных культур является незащищенным бизнесом вследствие подчинения агротехнических приемов погодным условиям [7, 15], их структурирование заранее невозможно, что будет сопровождаться оперативным пересмотром (рис. 2).

Рис. 1 – Полив КИ-5

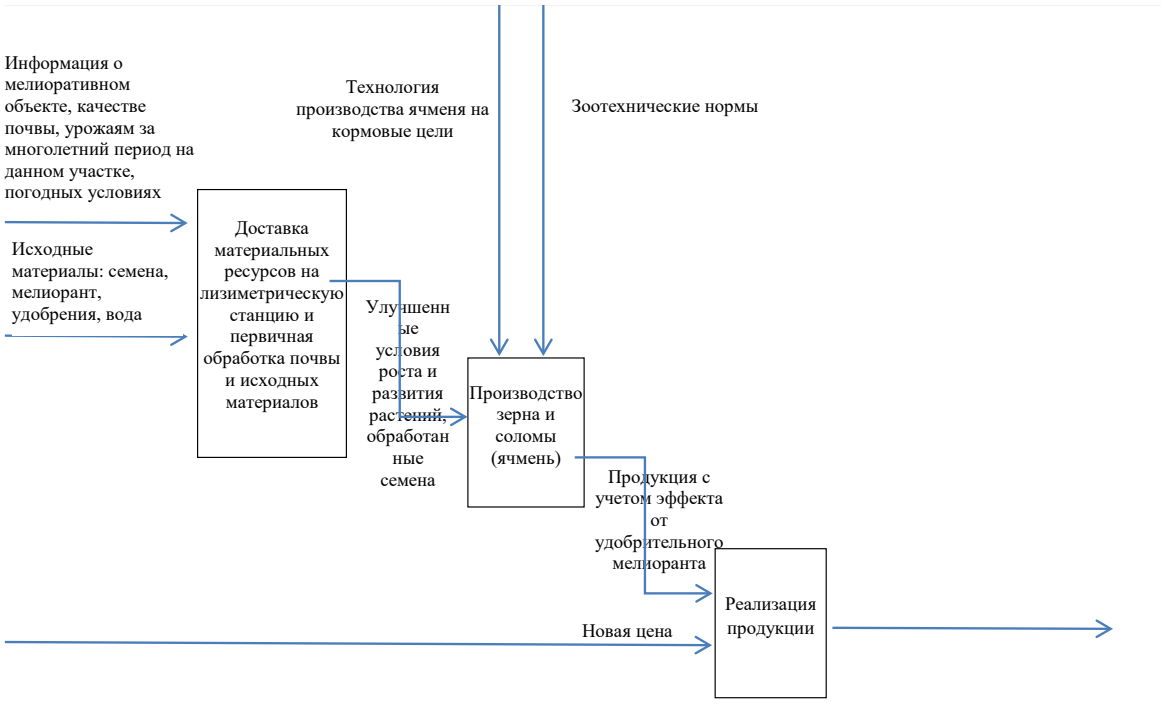


Рис. 2 – Схема бизнес-процесса управления ростом ячменя при внесении удобрительного мелиоранта

Предлагаемые технологии возделывания сельскохозяйственных культур остаются недейственными вследствие общих факторов без учета конкретных особенностей хозяйств, что ведет не только к недополучению урожая, но и перерасходу ресурсов.

Итак, для решения поставленной цели нами были

- собраны данные о мелиоративном объекте, качестве почвы, урожаям за многолетний период, погодным условиям, эффекту от каждого нового приема в технологии возделывания культур;
- получен непрерывный доступ к информации о погоде черед автоматическую метеостанцию;
- использована система управления данными с применением модели “АМПРА” (Авторегуляторная Модель Почва-Растение-Атмосфера);
- внедрена система бизнес-аналитики для обработки результатов исследований и разработки алгоритмов для подготовки рекомендаций;
- использована компьютерная программа Statistica 10 для обработки данных, управления и прогноза процессов.

Измерение высоты растений по методике Доспехова один раз в декаду показало максимальный рост на варианте 3, когда ячмень достиг высоты перед уборкой в среднем 31 см, что по сравнению с контрольными растениями было выше на 15 %. Это привело к увеличению урожайности зерна и

соломы на 54 и 57 % соответственно.

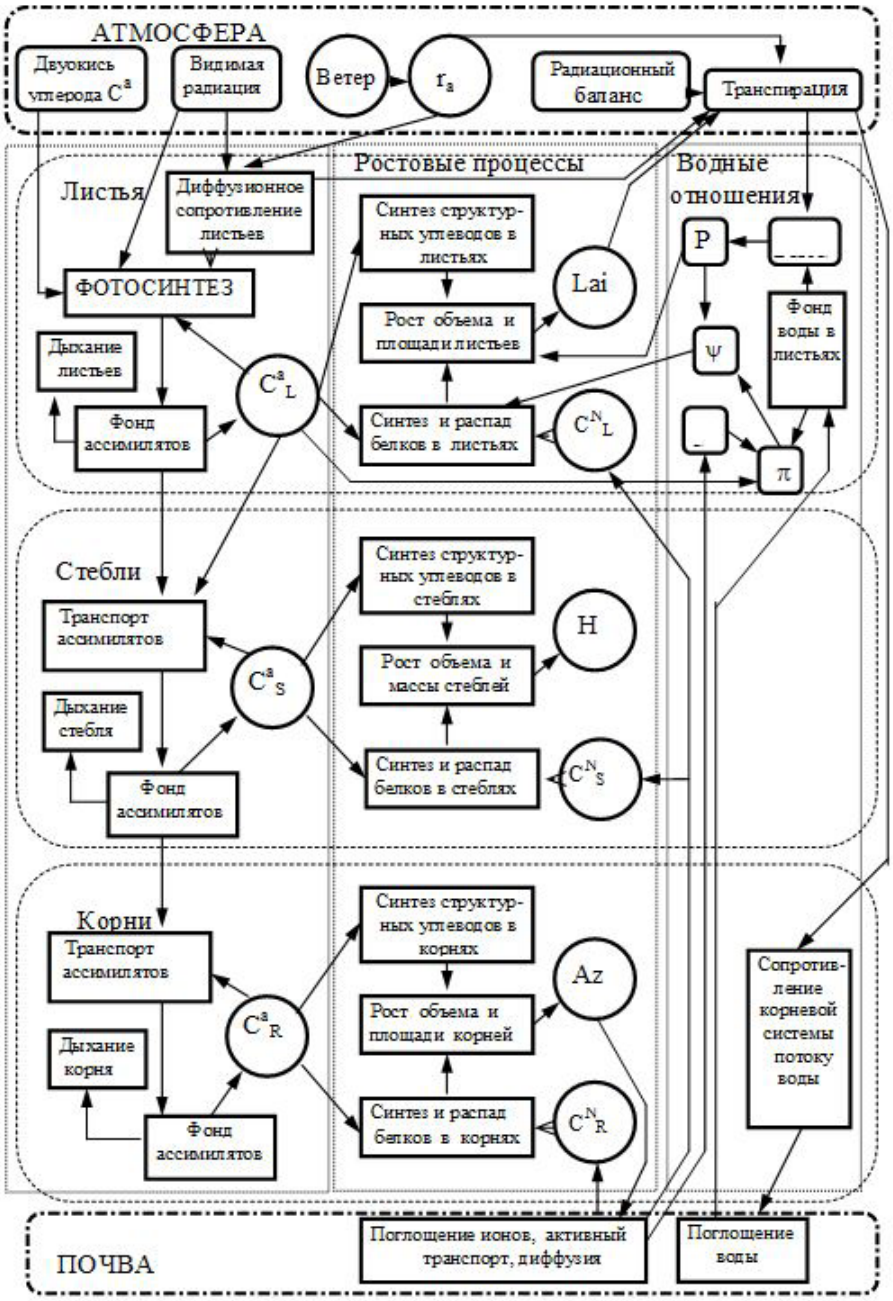
Для расчета водного баланса территории, величины транспирации и эвапотранспирации, аккумуляции азота растениями и его выноса в грунтовые воды использовалась имитационная модель фитоценоза "АМПРА", разработанная во ВНИИГиМ Ю.П. Добрачевым (рис. 3).

Модель “АМПРА” (Авторегуляторная Модель Почва-Растение-Атмосфера) включает два блока: блок, характеризующий современное состояние среды, и блок, отзывающийся на рост и развитие растений с учетом экологических режимов. Математическая структура модели построена как комплекс теоретических и экспериментальных уравнений, полученных на основе многолетних полевых экспериментов и классических основ физиологии растений. Функциональная структура модели является отражением современных научных представлений о физиологических, морфологических, пищевых аспектах растений и их строения.

Расчеты продуктивности агрофитоценоза и динамических характеристик состояния внешней среды выполнялись с использованием информации, характеризующей качество почвы и поливной воды, бактериальный и химический состав удобрительного мелиоранта, метеосведения, регистрируемые автоматической метеостанцией.

Методологизмом теоретических расчетов всей совокупности проведенных исследований с использованием имитационной модели является концепция постановки опытов при получении количественных и качественных изменений под действием разнообразных внешних факторов (тепла, осадков и др.) в данной местности [9, 14].

Анализ метеоусловий в годы проведения исследований показал, что периоды исследования охватили наиболее характерные и типичные климатические условия для данного региона по тепловлагообеспеченности.



С – водная концентрация; а – ассимиляты, N – азот, К – калий; L, S, R – листья, стебли, корни; Р – тур-горное давление; RWC – относительное водное содержание; ψ – водный потенцал листьев; Lai – листовой индекс; Н – высота растений; Az – площадь корней

Рис. 3 – Блок-схема авторегуляторной модели роста растений "АМПРА" (Ю.П.Добрачев)

Минеральное питание и полив являются действенными абиотическими факторами, от которых зависит рост растений [13]. При внесении удобрительного мелиоранта в почву возникают очаги повышенного содержания питательных веществ, изменяется микробиоценоз почвы и скорость минерализации органических остатков.

До настоящего времени мнение физиологов и биохимиков о влиянии локального питания на рост и развитие растений неоднозначно. Так, максимальная высота растений ячменя установлена на варианте 3 – внесение удобрительного мелиоранта (УМ) дозой 15 т/га. Однако прогноз урожайности на модели «АМПРА» показал изменение теоретической кривой показателя при дальнейшем повышении дозы УМ; кривая носит S-образный характер, свидетельствующий о стабилизации показателя, а затем и снижении, то есть повышать дозу мелиоранта свыше 15 т/га уже не целесообразно.

Широкое использование цифровых технологий будет способствовать организационным изменениям в бизнесе и кардинально влиять на прибыль и конкурентное преимущество продукции. У товаропроизводителей появляется больше шансов получить высокие стабильные урожаи при предоставлении результатов анализа множественных факторов и прогнозировании процессов.

Установлена зависимость: чем больше производителей и потребителей объединены в единую сеть и у них есть контакты через облако, тем больше полезной информации получат партнеры. И вот тогда производители могут проводить мониторинг природных факторов, проектировать точные бизнес-процессы и предсказывать обоснованные итоги.

Выводы

1. Измерение высоты растений в опыте мерной линейкой по методике Доспехова один раз в декаду показало максимальный рост на варианте 3, однако данная классическая методика может быть усилена введением цифровизации.

2. Решать проблемы сельского хозяйства в настоящее время целесообразно с использованием цифровых технологий. Так, использованная в исследованиях модель роста растений «АМПРА» позволила отследить процессы накопления основных питательных веществ при внесении в почву удобрительного мелиоранта в условиях полива, изменение тургорного давления в разные часы суток, определить влагообеспеченность растений и водный потенциал листьев, получить рассчитанный листовой индекс, высоту растений и площадь корней.

3. Модель «АМПРА» позволила спрогнозировать снижение урожайности зерна ячменя при повышении дозы удобрительного мелиоранта более чем 15 т/га.

Список литературы

1.Белоусова, О.Ю., ГЧП в IT: новые возможности. Фонд развития интернет-инициатив / О.Ю. Белоусова, С.В. Мокин, У.С. Огородова, А.В.. Орехович - ФРИИ и UNITY, 2018. - 41 с. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-sozdaniya-obektov-tsifrovoy-melioratsii-v-rossiyskoy-federatsii

2.Боровиков, В. П. Statistica: искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с. URL: http://kingmed.info/knigi/ Meditsinskaya_informatika_i_biostatistika/book_1005/STATISTICA_Iskusstvo_analiza_dannih_na_kompyutere-Borovikov_V-2003-djvu

3.Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с

4.Захарова, О.А. Лизиметрические исследования в мелиорации / О.А. Захарова, К.А. Абиров, К.Н. Евсенкин// В книге: Инновации в сельском хозяйстве и экологии: Материалы Международной научно-практической конференции. – Рязань, РГАТУ, 2020. - С. 183-188. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44053551

5.Захарова, О.А. Мониторинг осушаемых объектов на территории Рязанской Мещеры с использованием дронов / О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин // В сборнике: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: Материалы IV Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства РФ, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. - С. 125-129. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42796463

6.Кривцов, В.А. Природа Рязанской области / В.А. Кривцов, Е.И. Алёшина, С.И. Ананьева, [и др.]. – Рязань: РГУ, 2001.- 215 с. URL: https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2020/01/Priroda_Ryazanskoy_oblasti.pdf

7.Манжина, С.А. Исследование возможности создания объектов цифровой мелиорации в Российской Федерации / С.А. Манжина, П.Д. Ванеева // Beneficium, 2019. - 2(31). – С. 34-46. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-sozdaniya-obektov-tsifrovoy-melioratsii-v-rossiyskoy-federatsii

8.Мусаев, Ф.А. Современный и ретроспективный анализ состояния ландшафтов Рязанской области / Ф.А. Мусаев, О.А. Захарова. – Рязань: РГАТУ, 2014. – 257 с. URL: https://expeducation.ru/ru/article/view?id=7618

9.Мусаев, Ф.А. Мониторинг сработанных торфяных почв Рязанской Мещеры / Ф.А. Мусаев, С.Н. Борычев, М.Г. Мустафаев, К.Н. Евсенкин, О. А. Захарова. - Рязань-Баку,«MSV NƏŞR» ООО, 2019. -196 с. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36798194

10.Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России/под редакцией Л. В. Кирейчевой. - М: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017.-296 с. URL: http://www.spsl.nsc.ru/fulltext/OKOL/Выставка/119/17-69367.pdf

11.Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами/под ред. Л.В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2010. -240с. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01004832928.

12.Полуэктов Р.А. Имитационные модели

продуктивности агроэкосистем в кн.: Теоретические основы и количественные методы программирования урожаев. - М.: Агропромиздат. 2015 — 235 с. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-upravleniya-formirovaniem-meliorativnogo-sostoyaniya-agroekosistem.

13.Усманов, И.Ю. Экологическая физиология растений / И.Ю. Усманов, З.Ф. Рахманкулова, А.Ю. Кулагин. - М.: Логос, 2001. - 224 с. URL: https://www.studmed.ru/usmanov-i-yu-rahmankulova-z-f-kulagin-a-yu-ekologicheskaya-fiziologiya-rasteniy_c03c8e1e806.html

14.Шевченко В.А. Совершенствование мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных земель / В.А. Шевченко, С.Д. Исаева //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, 2018. - №2(50). – С. 72-77. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-monitoringa-meliorirovannyh-selskohozyaystvennyh-zemel/viewer.

15.Шуравилин А.В., Кибека А.И. Мелиорация. - М.: ЭКСМОС, 2006. - 944 с. URL: https://repository.rudn.ru/ru/authors/author/5440/

16.Юрченко, И.Ф. Цифровизация технологий регулирования мелиоративного режима агроэкосистем / И.Ф. Юрченко // Московский экономический журнал, 2019. - №12. – С.229-244. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-tehnologiy-regulirovaniya-meliorativnogo-rezhima-agroekosistem/viewer.

DIGITALIZATION OF BARLEY GROWTH MANAGEMENT

Zakharova Olga A., *Doctor of Agricultural Science, Professor of the Department of Agronomy and Agrotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", ol-zahar.ru@yandex.ru*

Mashkova Elena I., *Candidate of Economic Science, Associate Professor of the Department of Business Informatics and Applied Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", elena_mashkova@mail.ru*

Evsenkin Konstantin N., *Candidate of Technical Science, Leading Researcher, FSBSI "The All-Russian State Scientific Research Institute Named after A.N. Kostyakov", kn.evsenkin@yandex.ru*

Kucher Dmitry E., *Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Agricultural and Technological Institute of Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), Scientific Director of the Research and Design Institute, dmitr004@gmail.com*

Musaev Farrukh A., *Doctor of Agricultural Science, Professor of the Department of Agricultural Production and Processing Technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", musaev@rgatu.ru*

Problem and purpose. *At present, more and more information technologies are being introduced into agricultural production, which make it possible to use the necessary information on a specific topic on-line, predict processes and reduce the risks of the consequences of the proposed measures. The country has departmental project “Digital Agriculture”, information and communication platform “Digital Melioration”, etc. The authors have proposed an algorithm for managing the growth processes of barley cultivated on peat soils for long-term drainage with the introduction of a new fertilizing ameliorant based on goat manure.*

Methodology. *Investigations included a lysimetric three-year experiment to study the effectiveness of a new fertilizer ameliorant in the settlement of Polkovo, Ryazan district, Ryazan region, and to determine the optimal option. The work used digital technologies in the form of platform solutions available to its residents in the Internet, the Unified Federal Information System containing information on agricultural land (UFIS AL), the technology of the Industrial Internet of Things, an automated weather station.*

Results. *To calculate the water balance of the territory, the amount of transpiration and evapotranspiration, the accumulation of nitrogen by plants and its removal into the groundwater, a simulation model of the phytocenosis "AMPRA" developed at VNIIGiM was used. To achieve this purpose, we collected data on the reclamation facility, soil quality, yields over a long period, weather conditions, the effect of each new technique in the technology of crop cultivation. The continuous access to weather information through an automatic weather station was obtained. A data management system was integrated using the AMPRA model (Autoregulatory Model Soil-Plant-Atmosphere), a business intelligence system was introduced to process the data obtained and develop algorithms for preparing instructions. Computer program Statistica 10 was used for data processing, control and forecasting of processes. The model made it possible to predict a decrease in the yield of barley grain with an increase in the dose of a fertilizer ameliorant of more than 15 t/ha.*

Conclusion. *It is now advisable to solve agricultural problems using digital technologies. Thus, the AMPRA plant growth model used in the research made it possible to track the processes of accumulation of the main nutrients when a fertilizing ameliorant was introduced into the soil under irrigation conditions, the change in turgor pressure at different time of the day, to determine the moisture supply of plants and the water potential of leaves, to obtain the calculated leaf index, height plants and root area.*

Key words: *digitalization, lysimetric experiment, ameliorant, barley growth processes, forecast*

Literatura

1.Belousova, O.YU., GCHP v IT: novye vozmozhnosti. Fond razvitiya internet-iniciativ / O.YU. Belousova,

S.V. Mokin, U.S. Ogorodova, A.V.. Orekhovich - FRII i UNITY, 2018. - 41 s. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-sozdaniya-obektov-tsifrovoy-melioratsii-v-rossiyskoy-federatsii

2.Borovikov, V. P. Statistica: iskusstvo analiza dannyh na komp'yutere / V. P. Borovikov. – SPb.: Piter, 2001. – 656 s. URL: http://kingmed.info/knigi/ Meditsinskaya_informatika_i_biostatistika/book_1005/STATISTICA_Iskusstvo_analiza_dannih_na_kompyutere-Borovikov_V-2003-djvu

3.Vedomstvennyj proekt «Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo»: oficial'noe izdanie. – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. – 48 s

4.Zaharova, O.A. Lizimetricheskie issledovaniya v melioracii / O.A. Zaharova, K.A. Abirov, K.N. Evsenkin// V knige: Innovacii v sel'skom hozyajstve i ekologii: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Ryazan', RGATU, 2020. - S. 183-188. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44053551

5.Zaharova, O.A. Monitoring osushaemyh ob"ektov na territorii Ryazanskoj Meshchery s ispol'zovaniem dronov / O.A. Zaharova, K.N. Evsenkin // V sbornike: Ekologicheskoe sostoyanie prirodnoj sredy i nauchno-prakticheskie aspekty sovremennyh agrotekhnologij: Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF, Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva, 2020. - S. 125-129. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42796463

6.Krivcov, V.A. Priroda Ryazanskoj oblasti / V.A. Krivcov, E.I. Alyoshina, S.I. Anan'eva, [i dr.]. – Ryazan': RGU, 2001.- 215 s. URL: https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2020/01/Priroda_Ryazanskoy_oblasti.pdf

7.Manzhina, S.A. Issledovanie vozmozhnosti sozdaniya ob"ektov cifrovoj melioracii v Rossijskoj Federacii / S.A. Manzhina, P.D. Vaneeva // Beneficium, 2019. - 2(31). – S. 34-46. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-sozdaniya-obektov-tsifrovoy-melioratsii-v-rossiyskoy-federatsii

8.Musaev, F.A. Sovremennyj i retrospektivnyj analiz sostoyaniya landshaftov Ryazanskoj oblasti / F.A. Musaev, O.A. Zaharova. – Ryazan': RGATU, 2014. – 257 s. URL: https://expeducation.ru/ru/article/view?id=7618

9.Musaev, F.A. Monitoring srabotannyh torfyanyh pochv Ryazanskoj Meshchery / F.A. Musaev, S.N. Borychev, M.G. Mustafaev, K.N. Evsenkin, O. A. Zaharova. - Ryazan'-Baku,«MSV NƏŞR» OOO, 2019. -196 s. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36798194

10.Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii/pod redakciej L. V. Kirejchevoj. - M: «FGBNU VNII agrohimii», 2017.-296 s. URL: http://www.spsl.nsc.ru/fulltext/OKOL/Vystavka/119/17-69367.pdf

11.Novye tekhnologii proektirovaniya, obosnovaniya stroitel'stva, ekspluatacii i upravleniya meliorativnymi sistemami/pod red. L.V. Kirejchevoj. -M.: VNIIA, 2010. -240s. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01004832928.

12.Poluektov R.A. Imitacionnye modeli produktivnosti agroekosistem v kn.: Teoreticheskie osnovy i kolichestvennye metody programmirovaniya urozhaev. - M.: Agropromizdat. 2015 — 235 s. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-upravleniya-formirovaniem-meliorativnogo-sostoyaniya-agroekosistem.

13.Usmanov, I.YU. Ekologicheskaya fiziologiya rastenij / I.YU. Usmanov, Z.F. Rahmankulova, A.YU. Kulagin. - M.: Logos, 2001. - 224 s. URL: https://www.studmed.ru/usmanov-i-yu-rahmankulova-z-f-kulagin-a-yu-ekologicheskaya-fiziologiya-rasteniy_c03c8e1e806.html

14.SHevchenko V.A. Sovershenstvovanie monitoringa meliorirovannyh sel'skohozyajstvennyh zemel' / V.A. SHevchenko, S.D. Isaeva //Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie, 2018. - №2(50). – S. 72-77. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-monitoringa-meliorirovannyh-selskohozyaystvennyh-zemel/viewer.

15.SHuravilin A.V., Kibeka A.I. Melioraciya. - M.: EKSMOS, 2006. - 944 s. URL: https://repository.rudn.ru/ru/authors/author/5440/

16.YUrchenko, I.F. Cifrovizaciya tekhnologij regulirovaniya meliorativnogo rezhima agroekosistem / I.F. YUrchenko // Moskovskij ekonomicheskij zhurnal, 2019. - №12. – S.229-244. URL:

УДК 637.5.04/07:620.3 DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.004

ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ЭКСПЕРТИЗА БАРАНИНЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ НАНОРАЗМЕРНОГО ПОРОШКА КОБАЛЬТА

КАШИРИНА Лидия Григорьевна, *д-р биол. наук, профессор, зав каф. анатомии и физиологии сельскохозяйственных животных, lg.kashirina@yandex.ru*

КАЧИНА Евгения Николаевна, *врач 2-й категории кафедры анатомии и физиологии сельскохозяйственных животных, zhenya.kachina@yandex.ru*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Проблема и цель. *Целью данной работы являлось проведение ветеринарно-санитарной экспертизы баранины, полученной при использовании в рационах валухов биологически активного препарата в виде наноразмерного порошка (НРП) кобальта.*

Методология. *Для достижения цели были проведены экспериментальные исследования на 6 головах валухов-аналогов романовской породы, сформированных в две группы по 3 головы: контрольную и опытную, живой массой 29-31 кг с семимесячного возраста в условиях вивария ФГБОУ ВО Рязанского государственного агротехнологического университета. Рационы валухов соответствовали нормам и рационам кормления, контрольные животные получали основной рацион, опытные – дополнительно НРП кобальта в виде суспензии перорально один раз в семь суток в дозе 0,02 мг/кг живой массы, которым обрабатывалась концентратная часть рациона путем опрыскивания. Эксперимент продолжался в течение 90 суток. Убой животных проводили в 10-месячном возрасте. Органолептические показатели баранины определялись по ГОСТ (7269-79). Анализу подлежало мясо животных и внутренние органы: ливер в естественной связке, селезенка, почки.*

Результаты. *После убоя был произведен осмотр туш и внутренних органов животных опытной и контрольной групп. Подлежащие осмотру туши были целыми, от хорошо упитанных животных, чистыми, без абсцессов и кровоизлияний. Лимфатические узлы туш, как поверхностные, так и глубокие, имели серо-желтый цвет, не были увеличены, не имели патологоанатомических изменений во всех исследуемых образцах. Степень обескровливания всех анализируемых образцов туш была хорошая. Гипостазов не обнаружено. Жир имел белый цвет и твердую консистенцию. Результаты настоящего исследования показали отсутствие распада мышечной ткани в образцах контрольной и опытной групп, что указывает на свежесть мяса. При микроскопическом исследовании количества микробных клеток в мазках-отпечатках с поверхностных слоев обнаружены единичные микроорганизмы, а с глубоких слоев вообще не обнаружены. Дегустационная оценка бульона, приготовленного из баранины образцов опытной группы животных, по показателям внешнего вида, запаха, аромата была выше по сравнению с контролем на 0,8 балла. Общая комиссионная оценка отварного мяса опытного образца была на 2,0 балла выше контрольного, опережая его по таким важным показателям, как запах и аромат на 0,4 балла, консистенция – на 0,2, вкус – на 0,6 и сочность – на 0,8 балла.*

Заключение. *Применение наноразмерного порошка кобальта не оказало отрицательного влияния на показатели лабораторных исследований. Мясо и внутренние органы, как субпродукты, полученные от опытных животных, можно рекомендовать для питания людей без каких-либо ограничений. Препарат кобальта в наноразмерной форме перорально один раз в семь суток в дозе 0,02 мг/кг живой массы можно использовать в качестве биологически активной добавки в рационах валухов для улучшения органолептических и дегустационных показателей мяса. Баранину и внутренние органы, как субпродукты от животных, можно рекомендовать для питания людей без каких-либо ограничений. Исследованиями, проведенными по ветеринарно-санитарной оценке мяса валухов при использовании в рационах наноразмерного порошка кобальта было установлено, что препарат не оказал отрицательного влияния на дегустационную оценку бульона, который по показателю наваристости был даже выше, чем в контроле на 0,4 балла. Отварное мясо животных опытной группы по показателям запаха, аромата, консистенции, вкуса и сочности превосходило контрольные образцы.*

Ключевые слова: *баранина, валухи, качество, безопасность, свежесть, ветеринарно-санитарная экспертиза, дегустационная оценка.*

Введение

Ведение животноводства в современных условиях предусматривает получение максимальной продуктивности животных при минимальных затратах труда и средств. Этого можно достичь при интенсификации отрасли путем повышения уровня кормления и совершенствования систем ведения животноводства при условии внедрения наукоемких технологий, обеспечивающих получение высококачественных кормов. Полноценное кормление животных должно предусматривать не только количественный, но и качественный состав кормов, включающий различные дозированные формы витаминов и микроэлементов с учетом видовых и возрастных особенностей. Только в этом случае можно добиться повышения продуктивности скота.

Применение биологически активных веществ

© Каширина Л. Г., Качина Е. Н., 2021 г.

разного природного происхождения, в частности, наноразмерных порошков (НРП) металлов представляет интерес, поскольку используются они в малых дозах, оказывают влияние на проницаемость клеточных мембран, на активизацию микрофлоры, обменные процессы, функцию кроветворения, защитные реакции и т.д.

Корма, используемые в питании животных, являются основным источником микроэлементов. Минеральный состав их зависит от целого ряда факторов: типа почв, условий произрастания, агрохимических мероприятий, технологических приемов хранения и подготовки кормов к скармливанию. Это влияет на содержание элементов в рационах, при этом может наблюдаться недостаток одних и избыток других, что оказывает влияние на продуктивность, качество продукции, приводит к возникновению заболеваний. Применение кормовых добавок в рационах животных способствует балансировке по минеральным веществам, а это вызывает необходимость изучения биологического действия их на организм, на показатели получаемой продукции, особенно той, которая используется в питании людей.

Исследованиями ряда ученых установлено, что минеральные вещества в нанокристаллической форме усваиваются в желудочно-кишечном тракте животных, проявляя при этом биологическую активность [3,4,8]. Это позволяет использовать их в практике кормления сельскохозяйственных животных для активизации ряда физиологических процессов.

Известно, что недостаток кобальта в рационах жвачных влияет на нарушение обмена веществ, на процессы кроветворения, на снижение продуктивности [3,4,7,11,16]. При длительной нехватке кобальта в дальнейшем могут возникать заболевания акобальтозы.

Металлы в наноразмерной форме, размерами частиц от 1 до 100 нанометров, называются наночастицами. Наночастицы некоторых металлов обладают хорошими каталитическими и адсорбционными свойствами, которые позволяют им вступать в реакции, протекающие в клетке. В экспериментальных исследованиях, проведенных нами ранее, установлено, что кобальт в наноразмерной форме активизирует процесс гемопоэза в организме овец, а это влияет на качественные показатели мясной продукции, полученной от животных [7,8,10,12]. В рационах россиян в настоящее время широко используются такие виды мяса, как говядина, свинина и баранина. Несмотря на то, что баранина имеет хорошие пищевые качества, обладает высокой калорийностью, в ней много витаминов, а содержание жира ниже, чем в других видах мяса, по объему продаж она уступает говядине и свинине [14,15,17,18].

Ветеринарно-санитарная оценка продукции, полученной при использовании биологически активных веществ в рационах животных, требует проведения исследований по выявлению последствий воздействия препарата не только на организм животных, но, главное, на безопасность самой продукции, поскольку она используется в питании людей. В свободную реализацию могут поступить только продукты, прошедшие ветеринарно-санитарную проверку [1,5,12,13,19].

Целью исследований являлось проведение ветеринарно-санитарной экспертизы баранины, полученной при использовании в рационах валухов биологически активного препарата в виде наноразмерного порошка кобальта.

Ветеринарно-санитарная экспертиза баранины включала в себя: проведение послеубойной ветеринарно-санитарной экспертизы мяса баранины и внутренних органов, органолептическое исследование баранины, органолептическую оценку степени свежести мяса, лабораторные и дегустационные исследования.

Объекты и методы

Исследования были выполнены на 6 головах валухов-аналогов романовской породы, живой массой 29-31 кг, в период с 7 до 10-месячного возраста в условиях вивария Рязанского государственного агротехнологического университета, сформированных в две группы по 3 головы: контрольную и опытную. Рацион валухов, соответствующий нормам и рационам кормления, включал: траву пастбищную – 2,0 кг; сено злаково-разнотравное – 1,3 кг; концентраты – 0,2 кг. Это был основной рацион (ОР), который получали контрольные и опытные животные. Он содержал 1,25 кормовых единиц; 15,2 МДж обменной энергии; 1,4 кг сухого вещества; 235,0 г сырого протеина; 145 г переваримого протеина и полностью соответствовал нормам кормления и потребностям животных [6]. Валухи опытной группы дополнительно получали НРП кобальта перорально один раз в семь суток в дозе 0,02 мг/кг живой массы, которым обрабатывалась концентратная часть рациона путем опрыскивания из пульверизатора. Кобальт поступал в организм в виде суспензии. Для получения суспензии в активном состоянии порошок кобальта подвергали обработке в ультразвуковой ванне «Град» [3]. Эксперимент продолжался в течение 90 суток. Убой животных проводили в 10-месячном возрасте. Органолептические показатели баранины определялись по ГОСТ (7269-79) [9]. Анализу подлежало мясо животных и внутренние органы: ливер в естественной связке, селезенка, почки.

Результаты исследований.

После убоя был произведен осмотр туш и внутренних органов животных опытной и контрольной групп. Подлежащие осмотру туши были целыми, от хорошо упитанных животных, чистыми, без абсцессов и кровоизлияний. Лимфатические узлы туш, как поверхностные, так и глубокие, имели серо-желтый цвет, не были увеличены, не имели патологоанатомических изменений во всех исследуемых образцах. Степень обескровливания всех анализируемых образцов туш была хорошая. Гипостазов не обнаружено. Жир имел белый цвет и твердую консистенцию.

Осмотру подлежали следующие внутренние органы животных: селезенка, сердце, легкие, печень, почки. Визуальными исследованиями было

установлено, что селезенка от животных опытной и контрольной групп валухов была красно-коричневого цвета, не увеличена, при пальпации патологоанатомических изменений выявлено не было.

Осмотр сердца позволил выявить в пробах от животных обеих групп умеренное количество околосердечного жира, отсутствие патологоанатомических изменений на перикарде, эндокарде и миокарде, отсутствие цистицерк на поверхности несквозных разрезов миокарда.

Осмотр легких был произведен, как с наружной, так и с внутренней поверхности. Путем прощупывания и нанесения разрезов вдоль крупных бронхов было выявлено, что размер и цвет бронхиальных и средостенных лимфатических узлов соответствовал норме.

Печень имела вишнево-коричневый цвет, плотную консистенцию, гладкую блестящую поверхность, не увеличена в размере. На разрезе паренхима однородная, вишнево-красного цвета, блестящая, утолщения желчных протоков не обнаружено, паразитов в просвете нет. Желчный пузырь умеренно наполнен желчью, стенки не утолщены.

Почки плотной консистенции, гладкие, блестящие, с поверхности покрыты небольшим количеством жира. Осмотр произведен как с внешней, так и внутренней поверхности, при этом патологоанатомических изменений почек выявлено не было.

Органолептические показатели баранины, полученной при убое животных, приведены в таблице 1.В образцах баранины, полученных от разных групп животных, не выявлено принципиальных различий по вышеуказанным показателям, они соответствовали норме.

Таблица 1 – Органолептические показатели баранины (n=6)

Показатели	Группа	
	Контрольная	Опытная
Внешний вид	кусок неправильной формы, поверхность грубозернистая, мраморности нет	
Мышцы на разрезе: -цвет -увлажненность	темно-красный, чуть влажные	темно-красный, чуть влажные
Консистенция мышечной ткани	мясо упругое, плотное. Ямка быстро выравнивается	
Запах мышечной ткани	запах приятный без посторонних примесей, специфический, свойственный свежему мясу.	
Состояние жира: -цвет -консистенция -запах	белый, плотная, специфический	белый, плотная, специфический
Прозрачность и аромат бульона	бульон прозрачный, запах специфический, приятный	
Состояние сухожилий	упругие, плотные, гладкие, блестящие	

Лабораторные исследования баранины, отражены в таблице 2. Результаты лабораторных исследований, позволяют сделать заключение о том, что исследуемые пробы баранины контрольной и опытной групп получены от здоровых животных. Применение наноразмерного порошка кобальта не оказало отрицательного влияния на показатели лабораторных исследований, что позволяет сделать вывод о том, что мясо, полученное от животных обеих групп, может быть использовано в питании людей без ограничений.

Таблица 2 – Результаты лабораторных исследований баранины(n=6)

Показатели	Группа	
	Контрольная	Опытная
Состояние экстракта из мяса: - скорость фильтрации, - цвет, - прозрачность фильтрата	быстрая, соломенно-желтый, прозрачный	быстрая, соломенно-желтый, прозрачный
Реакция на пероксидазу:	положительная	положительная
Реакция с сернокислой медью	отрицательная	отрицательная
Реакция на аммиак	отрицательная	отрицательная
Коэффициент кислотность/окисляемость	pH мяса 5,8±0,3	pH мяса 5,7±0,3

Анализ состояния мышечной ткани позволил установить, что распад мышечной ткани во всех образцах контрольной и опытной групп отсутствовал.

При анализе характеристики мазков-отпечатков баранины отмечено неинтенсивное окрашивание всех проб, что соответствует нормативным требованиям. При микроскопическом исследовании количества микробных клеток в мазках-отпечатках с поверхностных слоев обнаружены единичные микроорганизмы, а с глубоких слоев они вообще не обнаружены. В норме количество микробных тел в поле зрения микроскопа допускается до 10 штук. По результатам исследования отпечатка пробы в контрольной группе с поверхности обнаружено 2 штуки кокков, с глубоких слов они отсутствовали. В отпечатках образцов баранины опытной группы не обнаружено кокков как с поверхностных, так и из глубоких слоев.

Для потребителей наиболее значимым, наряду с вышеуказанными органолептическими и лабораторными показателями, являются дегустационные характеристики.

С целью установления вкусовых качеств мяса, полученного при использовании наноразмерного порошка кобальта, была проведена комиссионная дегустация бульона и вареного мяса, полученных от валухов разных групп.

Общая дегустационная оценка бульона, приготовленного из баранины от животных опытной группы, по показателям внешнего вида, запаха, аромата была выше по сравнению с контролем на 0,8 балла (рис. 1). Вкусовые качества бульона в обеих группах были на одном уровне, занимая высокую позицию, равную 8,0 баллам. По наваристости бульона, по оценке дегустаторов, первое место было присвоено опытной группе, превосходившей контрольную на 0,2 единицы.

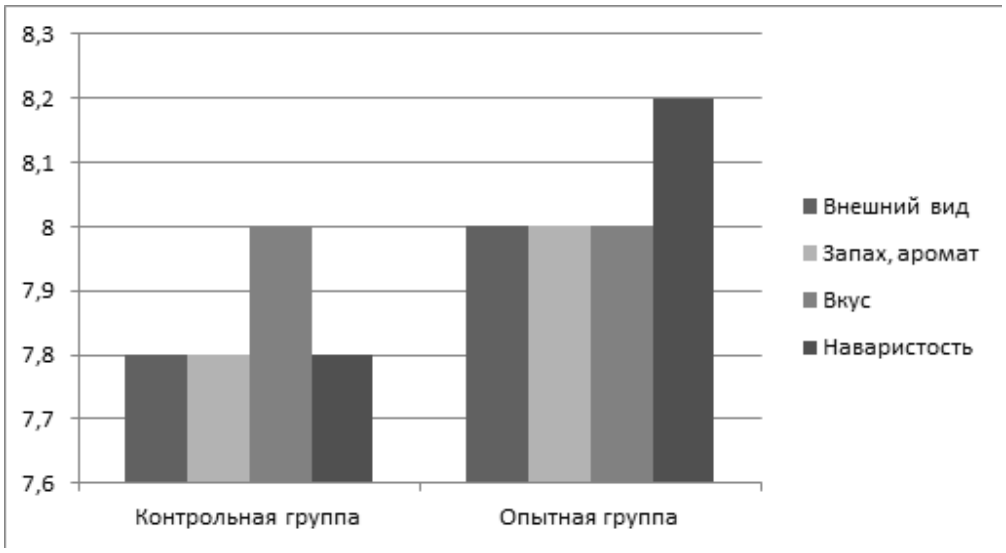


Рис.1– Дегустационная оценка бульона (n=8)

Общая комиссионная оценка, поставленная дегустаторами отварному мясу опытного образца, была на 2,0 балла выше контрольного, опережая его по таким важным показателям, как запах и аромат на 0,4 балла, консистенция – на 0,2, вкус – на 0,6 и сочность – на 0,8 балла (рис. 2).

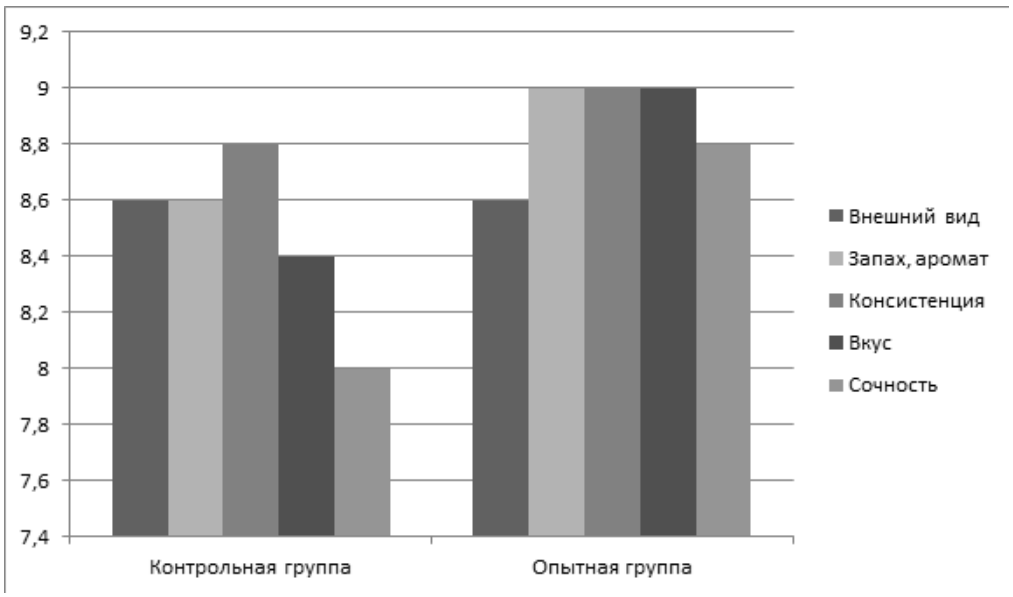


Рис.2– Дегустационная оценка мяса валухов (n=8)

Введение в рационы валухов наноразмерно порошка кобальта не оказало отрицательного влияния на органолептические, лабораторные и дегустационные показатели баранины. Мясо, полученное от животных опытной группы, по содержанию микробных клеток не имело выраженных отличий от мяса контрольных животных. При микроскопии мазков-отпечатков с глубоких слоев мускулатуры опытных животных микробных клеток обнаружено не было. На поверхности мяса контрольных валухов в отдельных случаях имелись единичные грамположительные кокковые формы, что с позиций требований СанПиН 2.3.2.1078-01 допустимо [2].

Выводы

Проведением послеубойной ветеринарно-санитарной экспертизы баранины и внутренних органов от животных опытной группы установлено, что применение препарата кобальта в наноразмерной форме перорально один раз в семь суток в дозе 0,02 мг/кг живой массы в качестве биологически активной добавки не оказало отрицательного влияния на показатели, которые соответствовали нормам ГОСТ (7269-79) Мясо. Органолептическое исследование баранины, органолептическая оценка степени свежести мяса, лабораторные исследования соответствовали требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01. Вышеуказанный препарат кобальта можно использовать для улучшения органолептических и дегустационных показателей мяса. Ветеринарно-санитарной оценкой мяса валухов установлено, что препарат оказал положительное влияние на дегустационную оценку мяса и приготовленного из него бульона. Бульон, приготовленный из мяса опытных животных, по показателю наваристости был выше, чем в контроле, на 0,4 балла. Отварное мясо животных опытной группы по показателям запаха, аромата, консистенции, вкуса и сочности превосходило контрольные образцы. Следовательно, баранину и внутренние органы, как субпродукты от животных, можно рекомендовать для питания людей без каких-либо ограничений.

Список литературы

1. Бочкова, И.В. Влияние настоя плодов ирги обыкновенной на прирост живой массы кроликов и массометрические показатели внутренних органов[Текст] / И.В. Бочкова // «Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона» Сб. статей 67-ой Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань. – 2016. – С.45-49. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26372746

2. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов-СанПиН 2.3.2.1078-1. URL: https://mibio.ru/docs/110/sanpin2.3.2.1078-1_gigienicheskietrebovaniyabezopasnost

3. Деникин, С.А. Взаимосвязь гематологических и массометрических показателей в организме кроликов под влиянием наноразмерного порошка кобальта [Текст] / С.А. Деникин // «Научные приоритеты в АПК: инновационные достижения, проблемы, перспективы развития» Сб. статей Международная научно-практическая конференция. – Рязань. – 2013. – С. 29-33. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28982479

4. Деникин, С.А.Влияние кратности введения ультрадисперсного порошка кобальта на морфологические показатели крови и прирост массы кроликов [Текст] / С.А. Деникин, Л.Г. Каширина // Сб. науч. тр. Рязанского агротехнологического университета «Инновационные направления и методы реализации научных исследований в АВПК». – Рязань. –2012. –С. 211-213. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=20450208

5. Дорохина, Ю.Е. Физиологические показатели овцематок в период суягности [Текст] / Ю.Е. Дорохина, Л.А. Кузьменко, М.Т. Трфандян// Материалы Национальной научно-практической конференции: Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса. ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань. – 2019. – С. 86-91. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42647830

6. Калашников, А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов [и др.] // М.: Колос, 2003. – 456 с. URL: https://38308.selcdn.ru/meta2017/storage13oc/1488/normy_kormleniya_i_raciony_kalashnikov_-2003.pdf

7. Каширина, Л.Г. Влияние кобальта в наноразмерной форме на санитарно-биологические, физико-химические показатели продуктов убоя и дегустационную оценку мяса овец [Текст] / Л.Г. Каширина Л.Г., Е.Н. Качина // Вестник РГАТУ им. П.А. Костычева. – 2014.–№4. – С.16-21. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22856905

8. Каширина Л.Г. Взаимосвязь содержания летучих жирных кислот рубцового содержимого и крови с приростом массы валухов под влиянием наноразмерного порошка кобальта [Текст] /Л.Г. Каширина, Е.Н. Качина // Вестник РГАТУ им. П.А. Костычева. - 2014.-№3. – С.87-90. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22855082

9. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести - ГОСТ (7269-79) Мясо. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200021593

10. Рыжова, Д.Д. Ветеринарно-санитарная оценка баранины после использования биологически активной добавки «йоддар»/ Д.Л. Рыжова //Ж. «Ветеринарные науки». Вып. 5 (83). – Ч.1. –2019. –С.115-118. URL: https://research-journal.org/vet/veterinary-and-sanitary-evaluation-of-mutton-after-using-biologically-active-feed-additive-yoddar

11. Фолманис, Г.Э. Ультрадисперсные металлы в сельскохозяйственном производстве /Г.Э. Фолманис, Л.В. Коваленко. – М.: ИМЕТ РАН, 1999. - 80 с. URL: http://www.imet.ac.ru/asp/217-225-folmanis

12. Щербакова, И.В. Массометрические показатели и продуктивность кроликов под влиянием настоя плодов ирги обыкновенной [Текст] / И.В. Щербакова // «Вклад университетской аграрной

науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса» Сб. статей 70-й Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства РФ, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань. – 2019. – С. 207-211. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41388992&pff=1

13. Abdalla, E. B. and Abd El-Hakim, A. A. (2012): The changes in some blood metabolites associated with thephysiological responses in sheep. Livestock Production Science, 75: 45-50. DOI: https://doi.org/10.1101/779157

14. Abdi, P.S. (2006). Effect of Vitamin A and E in Some Phylogenetic and Reproductive Characteristics of Intestinal Sheep Plaques. Master Thesis. Faculty of Agriculture and Forestry. University of Mosul. Mesopotamia J. ofAgric.Vol. (47) No. (3) 2019. DOI: https://doi.org/10.33899/magrj.2019.163049

15. Aufre`re J, Dudilieu M. Andueza D, Poncet C, Baumont R, 2013. Mixing sainfoin and lucerne to improve the feed value of legumes fed to sheep by the effect of condensed tannins. Animal, 7(1): 82–92. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731112001097.

16. El-Barody MAA, Abdalla EB, Abd El-Hakeam AA, 2002. The changes in some blood metabolites associated with thephysiological responses in sheep. Livestock Production Science, 75(1): 45–50. DOI: https://doi.org/10.1017/S0003356100036898

17. Ouanes I. Abdennour C. Aouaıdjıa N. 2011. Effect of cold winter on blood biochemistry of domestic sheep fed natural pasture. Annals of Biological Research, 2(2): 306-313. DOI: https://doi.org/10.21275/ART20164378

18. Vellema, P.L., H.W. Barkema and Y.H. Schukken. (1997). Effect of cobalt supplementation on serum vitamin B12 levels weight gain and survival rate in lambs, grazing cobalt deficient pastures, Vet. Quarterly, 19:1-5. DOI: https://doi.org/10.1080/01652176.1997.9694727

19. Wildeus, S.; Turner, K. E. and Collins, J. R. (2006): Growth, intake, diet digestibility, and nitrogen use in three hair sheep breeds fed alfalfa hay. Small Ruminant Research vol. 69, 221–227. DOI: https://doi.org/10.1017/S0021859699006784

VETERINARY AND SANITARY EXAMINATION OF MUTTON OBTAINED UNDER THE INFLUENCE OF NANOSCALE COBALT POWDER

Kashirina Lidia G., *Doctor of Biological Science, Full Professor, head of the Department of Anatomy and Physiology of Agricultural Animals, kashirina@rgatu.ru*

Kachina Evgeniya N., *doctor of the 2nd category of the Department of Anatomy and Physiology of Agricultural animals, zhenya.kachina@yandex.ru*

Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev

Problem and aim.*The purpose of this work was to conduct a veterinary and sanitary examination of mutton obtained when using a biologically active preparation in the form of a nanoscale cobalt powder in the diets of wethers.*

Methodology. *To achieve this goal, experimental studies were conducted on 6 heads of Romanov analogs of the Romanov breed, formed into two groups of 3 heads: a control and an experimental one, with a live weight of 29-31 kg from the age of 7 months in the vivarium of the Ryazan State Agrotechnological University. The rations of the wethers corresponded to the norms and feeding rations, the control animals received the main ration, and the experimental animals received an additional oral NRP of cobalt once every seven days at a dose of 0.02 mg/kg of live weight, which was treated with the concentrate part of the ration, by spraying. The experiment lasted for 90 days. The animals were slaughtered at the age of 10 months. Organoleptic parameters of mutton were determined according to GOST (7269-79). The analysis included animal meat and internal organs: liver in a natural ligament, spleen, and kidneys.*

Results. *The results of the present study showed no breakdown of muscle tissue in the samples of the control and experimental groups, which indicates the freshness of the meat. Microscopic examination of the number of microbial cells in the smears-prints from the surface layers revealed single microorganisms, and from the deep layers were not detected at all. The tasting score of the broth prepared from mutton samples of the experimental group of animals in terms of appearance, smell, and aroma was higher, compared to the control by 0.8 points. The overall commission rating of the boiled meat of the prototype was 2.0 points higher than the control, ahead of it in such important indicators as smell and aroma by 0.4 points, consistency by 0.2 taste by 0.6 and juiciness by 0.8 points. When examining the internal organs, a moderate amount of pericardial fat in the heart was found, and there were no pathoanatomical changes on the pericardium, endocardium, and myocardium. No bladder worms were found on the surface of non-through incisions of the myocardium. No degeneration of adipose tissue in the subcutaneous tissue and in the fat capsules of the internal organs was observed. The fat had a solid consistency, white in color.*

Conclusion. *The use of nanoscale cobalt powder did not have a negative effect on the performance of laboratory tests. Meat and internal organs, as by-products obtained from experienced animals, can be recommended for human nutrition without any restrictions. The preparation of cobalt in the nanoscale form orally once every seven days at a dose of 0.02 mg/kg of live weight, can be used as a dietary supplement in the diets of wether to improve the organoleptic and tasting indicators of meat. Mutton and internal organs, as offal from animals, can be recommended for human nutrition without any restrictions.Studies conducted, according to the veterinary and sanitary assessment, of the meat of wethers, when using nanoscale cobalt powder in diets, it was found*

that the drug did not have a negative effect on the tasting evaluation of the broth, which in terms of richness was even higher than in the control by 0.4 points. Boiled animal meat of the experimental group was superior to the control samples in terms of smell, aroma, consistency, taste and juiciness.

Key words: *mutton, wether, quality, safety, freshness, veterinary and sanitary examination, tasting assessment.*

Literatura

1.Bochkova, I.V. Vliyanie nastoya plodov irgi obyknovennoj na prirost zhivoj massy krolikov i massometricheskie pokazateli vnutrennih organov[Tekst] / I.V. Bochkova // «Innovacionnye podhody k razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa regiona» Sb. statej 67-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii FGBOU VO RGATU. – Ryazan'. – 2016. – S.45-49. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26372746

2.Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoj cennosti pishchevyh produktov-SanPiN 2.3.2.1078-1. URL: https://mibio.ru/docs/110/sanpin2.3.2.1078-1_gigienicheskietrebovaniyabezopasnost

3.Denikin, S.A. Vzaimosvyaz' gematologicheskih i massometricheskih pokazatelej v organizme krolikov pod vliyaniem nanorazmernogo poroshka kobal'ta [Tekst] / S.A. Denikin // «Nauchnye prioritety v APK: innovacionnye dostizheniya, problemy, perspektivy razvitiya» Sb. statejMezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. – Ryazan'. – 2013. – S. 29-33. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28982479

4.Denikin, S.A.Vliyanie kratnosti vvedeniya ul'tradispersnogo poroshka kobal'ta na morfologicheskie pokazateli krovi i prirost massy krolikov [Tekst] / S.A. Denikin, L.G. Kashirina // Sb. nauch. tr. Ryazanskogo agrotekhnologicheskogo universiteta «Innovacionnye napravleniya i metody realizacii nauchnyh issledovanij v AVPK». – Ryazan'. –2012. –S. 211-213. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=20450208

5.Dorohina, YU.E. Fiziologicheskie pokazateli ovcematok v period suyagnosti [Tekst] / YU.E. Dorohina, L.A. Kuz'menko, M.T. Trfandyan// Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii: Nauchno-innovacionnye tekhnologii kak faktor ustojchivogo razvitiya otechestvennogo agropromyshlennogo kompleksa. FGBOU VO RGATU. – Ryazan'. – 2019. – S. 86-91. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42647830

6.Kalashnikov, A.P. Normy i raciony kormleniya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh / A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. SHCHeglov [i dr.] // M.: Kolos, 2003. – 456 s. URL: https://38308.selcdn.ru/meta2017/storage13oc/1488/normy_kormleniya_i_raciony_kalashnikov_-2003.pdf

7.Kashirina, L.G. Vliyanie kobal'ta v nanorazmernoj forme na sanitarno-biologicheskie, fiziko-himicheskie pokazateli produktov uboya i degustacionnuyu ocenku myasa ovec [Tekst] / L.G. Kashirina L.G., E.N. Kachina // Vestnik RGATU im. P.A. Kostycheva. – 2014.–№4. – S.16-21. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22856905

8.Kashirina L.G. Vzaimosvyaz' soderzhaniya letuchih zhirnyh kislot rubcovogo soderzhimogo i krovi s prirostom massy valuhov pod vliyaniem nanorazmernogo poroshka kobal'ta [Tekst] /L.G. Kashirina, E.N. Kachina // Vestnik RGATU im. P.A. Kostycheva. - 2014.-№3. – S.87-90. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22855082

9.Metody otbora obrazcov i organolepticheskie metody opredeleniya svezhesti - GOST (7269-79) Myaso. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200021593

10.Ryzhova, D.D. Veterinarno-sanitarnaya ocenka baraniny posle ispol'zovaniya biologicheski aktivnoj dobavki «joddar»/ D.L. Ryzhova //ZH. «Veterinarnye nauki». Vyp. 5 (83). – CH.1. –2019. –S.115-118. URL: https://research-journal.org/vet/veterinary-and-sanitary-evaluation-of-mutton-after-using-biologically-active-feed-additive-yoddar

11.Folmanis, G.E. Ul'tradispersnye metally v sel'skohozyajstvennom proizvodstve /G.E. Folmanis, L.V. Kovalenko. – M.: IMET RAN, 1999. - 80 s. URL: http://www.imet.ac.ru/asp/217-225-folmanis

12.SHCHerbakova, I.V. Massometricheskie pokazateli i produktivnost' krolikov pod vliyaniem nastoya plodov irgi obyknovennoj [Tekst] / I.V. SHCHerbakova // «Vklad universitetskoj agrarnoj nauki v innovacionnoe razvitie agropromyshlennogo kompleksa» Sb. statej 70-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF, Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva. – Ryazan'. – 2019. – S. 207-211. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41388992&pff=1

13.Abdalla, E. B. and Abd El-Hakim, A. A. (2012): The changes in some blood metabolites associated with thephysiological responses in sheep. Livestock Production Science, 75: 45-50. DOI: https://doi.org/10.1101/779157

14.Abdi, P.S. (2006). Effect of Vitamin A and E in Some Phylogenetic and Reproductive Characteristics of Intestinal Sheep Plaques. Master Thesis. Faculty of Agriculture and Forestry. University of Mosul.Mesopotamia J. ofAgric.Vol. (47) No. (3) 2019. DOI: https://doi.org/10.33899/magrj.2019.163049

15.Aufre`re J, Dudilieu M. Andueza D, Poncet C, Baumont R, 2013. Mixing sainfoin and lucerne to improve the feed value of legumes fed to sheep by the effect of condensed tannins. Animal, 7(1): 82–92. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731112001097.

16.El-Barody MAA, Abdalla EB, Abd El-Hakeam AA, 2002. The changes in some blood metabolites associated with thephysiological responses in sheep. Livestock Production Science, 75(1): 45–50. DOI: https://doi.org/10.1017/S0003356100036898

17.Ouanes I. Abdennour C. Aouaıdjıa N. 2011. Effect of cold winter on blood biochemistry of domestic sheep fed natural pasture. Annals of Biological Research, 2(2): 306-313. DOI: https://doi.org/10.21275/ART20164378

18.Vellema, P.L., H.W. Barkema and Y.H. Schukken. (1997). Effect of cobalt supplementation on serum vitamin B12 levels weight gain and survival rate in lambs, grazing cobalt deficient pastures, Vet. Quarterly, 19:1-5. DOI: https://doi.org/10.1080/01652176.1997.9694727

19.Wildeus, S.; Turner, K. E. and Collins, J. R. (2006): Growth, intake, diet digestibility, and nitrogen use in three hair sheep breeds fed alfalfa hay. Small Ruminant Research vol. 69, 221–227. DOI: https://doi.org/10.1017/S0021859699006784

УДК 636.32/.38.087.8:612.32

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.005

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА РУБЦОВЫЙ МЕТАБОЛИЗМ ОВЕЦ

МИШУРОВ Алексей Владимирович, *канд. с.-х. наук, ст. научн. сотрудник, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им Л. К. Эрнста, a.v.mishurov@mail.ru*

Проблема и цель. *Для повышения эффективности использования питательных веществ кормов целесообразно применение биологически активных веществ (БАВ), способствующих улучшению физиологических процессов в организме животных для реализации их генетического потенциала – продуктивности. Целью исследований являлось изучить влияние БАВ (дигидроквертицина и органического йода) на рубцовый метаболизм у овец.*

Методология. *Опыт проведен методом групп периодов в условиях физиологического двора ФНЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста, на овцах аналогах (n=6), имеющих хронические фистулы рубца по Басову. Животные 1-й опытной группы в дополнение к основному рациону получали 100 мл ДКВ, в рацион 2-й опытной группы добавляли 100 мг ДКВ и 1,05 мг органического йода.*

Результаты. *Использование добавок в рационах животных опытных групп повлияло на общее содержание микроорганизмов в рубцовой жидкости, составившее во второй опытной группе 1,021 г/100 мл, что выше чем в первой опытной группе на 12,7 %, и выше, чем в контрольной, на 15,4 %. При этом образование бактерий в рубцовой жидкости в первой опытной группе было выше на 22,5 %, а во второй – на 8,7 % относительно контроля. Выявлен более низкий уровень концентрации аммиака в содержимом рубца животных первой опытной группы на 4,2 мг/% относительно контрольной и на 7,1 мг/% – второй опытной группы, что взаимосвязано с более эффективным его использованием рубцовой микрофлорой.*

Заключение. *Полученные данные свидетельствуют о том, что использование в рационе изучаемых биологически активных веществ способствовало наибольшему развитию и жизнедеятельности микроорганизмов рубца и в целом способствовало регуляции положительной динамики рубцового метаболизма, оказало положительное влияние на образование и усвояемость азота.*

Ключевые слова: *овцы, дигидрокверцетин, органический йод, биологически активные вещества, рубцовый метаболизм.*

Введение

При интенсивном ведении животноводства особую актуальность приобретает организация биологически полноценного кормления животных, при котором можно направленно влиять на обменные процессы живого организма и тем самым стимулировать его физиологические функции. Вместе с тем применение в рационе животных комбинированных кормов далеко не всегда может быть эффективным способом для компенсации их потребности в питательных веществах. Современное ведение животноводства в первую очередь должно основываться на реализации генетического потенциала животных – продуктивности. В связи с этим «продуктивное здоровье» животных достигается путем включения в состав кормления биологически активных веществ, которые балансируют физиологическую потребность организма в нутриентах и энергии [1,2].

В пищеварении жвачных животных ведущую роль играет рубец, которой является главным отделом многокамерного желудка. За счет ферментации микроорганизмов рубца обеспечивается до 80 % в энергии, и от 30 до 50 % протеина, значительная часть макро- и микроэлементов, а также витаминов. Корма с высоким содержанием питательных веществ оказывают стимулирующий эффект на численность микроорганизмов рубца, наиболее оптимальными условиями для размножения которых является уксуснокислый тип брожения, а pH рубцового содержимого ближе к нейтральному. Более кислое значение pH способствует форми-

© Мишуров А. В., 2021 г.

рованию пропионово-масляного типа брожения, что свойственно менее оптимальным кормовым субстратам [3, 4].

Жвачные животные при потреблении загрязненных кормов и воды могут подвергаться воздействию токсичных концентраций различных загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы. Токсичные вещества, которые попадают в организм животных, ингибируют как ферментативную активность, так и рост микробов, тем самым изменяя физиологическое устойчивое состояние ферментации рубца. Неблагоприятные воздействия на организм способствуют повышению содержания свободных оксирадикалов, что приводит к окислительному и экологическому стрессу для руминальных микробов. Под состоянием окислительного стресса понимается усиление накопления активных форм кислорода в клетках организма, к ним относятся синглетный кислород, супероксид-радикал, перекись водорода и гидроксилрадикал. Эти соединения являются сильными окислителями. Окислительный стресс возникает в результате дисбаланса между образованием свободных радикалов, поступающих в организм с кислородом, и их безопасным удалением. Свободные радикалы и их предшественники образуются эндогенно в результате нормальных метаболических процессов или экзогенно из источников питания. Реакционная способность различных свободных радикалов различна, но некоторые из них могут вызывать серьезные повреждения биологических молекул, особенно ДНК, липидов и белков. При этом дефицит природных защитных веществ может стимулировать выработку свободных радикалов, которые способствуют ухудшению «продуктивного здоровья» животных. В свою очередь, микроорганизмы рубца жвачных выработали эффективные ферментативные и неферментативные механизмы для устранения этих токсичных и мутагенных побочных продуктов кислорода. Они являются потенциальным источником природных антиоксидантов. Антиоксидантные вещества, продуцируемые бактериями, дрожжами и грибами, могут служить антиоксидантами, синергистами, поглотителями или ингибиторами липоксигеназы, и они также различаются по своей природе [5, 6].

Рубец жвачных животных обеспечивает анаэробную среду, в которой конкурируют и выживают как облигатные, так и факультативные анаэробные бактерии, а роль антиоксидантных ферментов в бактериях обеспечивает организму защиту от токсичности кислорода; их отсутствие является ферментативной основой анаэробиоза. Известно о наличии активности супероксиддисмутазы у 11 видов изученных бактерий. Есть несколько возможных преимуществ для бактерий, имеющих активность антиоксидантных ферментов. Они способны инициировать руминальную активность в период воздействия кислорода. Популяции факультативных анаэробных бактерий обеспечивают "очистительную" активность против кислорода, диффундирующего из крови через стенку рубца в рубец и, следовательно, наличие супероксиддисмутазы должно быть первой линией защиты от генерации токсичных видов кислорода в популяции эпимуральной микрофлоры рубца [7, 8].

Считается, что рубец жвачных животных является анаэробной средой, но прямые исследования in situ показали, что растворенный кислород присутствует в руминальной жидкости в концентрациях до 3 мкмоль/л в течение по крайней мере 18 ч в течение дня, при этом концентрация кислорода в рубце не остается постоянной и после кормления снижается. Физиологический уровень этого кислорода оказывает выраженное влияние на микробную популяцию рубца, в связи с чем микроорганизмы должны быстро утилизировать кислород из своей среды. Инфузорные простейшие составляют примерно половину общей микробной биомассы рубца и занимают 10 % от общего объема рубца. Как и другие анаэробные простейшие, такие как трихомонады, некоторые реснитчатые виды обладают гидрогеносомами, они в первую очередь вовлечены в утилизацию кислорода во время окислительного стресса. В этой связи предполагается, что уровень антиоксидантов в рубцовой жидкости может быть повышен за счет различных биологически активных веществ и разных питательных ингредиентов, которые усиливают активность микроорганизмов рубца, а те, в свою очередь, могут производить больше антиоксидантных веществ во время метаболизма. Таким образом, увеличение антиоксидантной активности в рубцовой жидкости после кормления может быть частично связано с увеличением продукции антиоксидантных веществ микроорганизмами рубца [9, 10].

Развитию благоприятных условий для жизнедеятельности микроорганизмов в рубце способствует применение в рационе высокопродуктивных животных добавок с различными биологическими свойствами, которые направлены на регуляцию физиологических процессов в организме животных. Наиболее популярными в последние годы стали натуральные биологически активные вещества.

Большая часть химических соединений, обладающих биологической активностью, в той или иной степени способны оказывать влияние на живой организм. Однако знания о возможных последствиях такого воздействия часто ограничены и явно недостаточны для эффективного их применения. Из-за незнания биологической активности подавляющего большинства веществ не полностью используются их возможности [11, 12].

Дигидрокверцетин представляет собой природный флавоноид, выделяемый из Larix sibirica Ledeb. Имеет ряд биологических свойств – является регулятором метаболизма процессов в организме и оказывает положительное влияние на функциональное состояние внутренних органов. Формирует защитную реакцию здоровых клеток от свободнорадикальных агрессоров, с которыми организм не в силах справиться самостоятельно, таких как несбалансированное кормление, неконтролируемый прием лекарственных препаратов, различные бактериальные и вирусные инфекции, а также стрессы. Процесс усвоения дигидроквер-

цетина был подробно исследован в условиях in vitro с применением абсорбционного симулятора. Этот способ изучения биодоступности состоит в определении скорости диффузии веществ через специальные липидные мембраны, имитирующие желудочную и кишечную стенки. Был исследован процесс абсорбции дигидроквертецина из искусственного желудочного или кишечного сока в плазму. Эксперимент был проведен при различных значениях pH, предварительно было изучено спектральное поведение дигидроквертецина в его широком интервале. По скорости диффузии дигидрокверцетин можно отнести к лекарственным средствам со средней скоростью. К этой группе относятся ацетилсалициловая кислота, теофиллин, барбитал и др. В связи с этим дигидрокверцетин нашел свое применение в пищевой промышленности, медицине, а также в разных отраслях производства [13, 14, 15].

Успешное применение антиоксидантов во многом зависит от понимания механизма их действия на организм животных. Антиоксидантное действие основано на ингибировании окисления за счет стабилизации поврежденных клеток и нейтрализации свободных радикалов; после прекращения действия антиоксиданта окислительное действие возобновляется. Замедлить потребление ингибитора и увеличить его концентрацию невозможно ввиду того, что на каждый антиоксидант приходится ограничение концентрации. Если она слишком высокая, антиоксидантный эффект переходит в прооксидант. Усилить защитный эффект антиоксиданта можно только одновременным добавлением синергистов. Эти соединения восстанавливают антиоксиданты за счет их окислительно-восстановительного потенциала или блокируют прооксиданты [16, 17, 18].

Тормозить процессы перекисного окисления липидов и восстанавливать при этом активность ферментных и уровень неферментных антиоксидантов помогает введение в рацион органических форм микроэлементов. Одним из таких свойств обладает йод.

Йод является одним из важных элементов, он необходим для синтеза гормонов щитовидной железы и трийод-треонина, регулирующих энергетический обмен. Йод содержится в организме животных как в органической, так и в неорганической формах. Потребность животных в йоде обычно компенсируется за счет кормов и питьевой воды. Недостаток йода и связанные с этим патологические явления можно предотвратить, но не излечить, дополнительной дачей йода в корме. К сожалению, растительный йод всасывается плохо. Лучше всего всасывается йод в соединении с жирами, затем йодистые калий и натрий. В настоящее время разработаны современные технологии, которые позволяют получать органическую форму йода – биойод. Биойод – это полноценная белковая смесь из молочной сыворотки, которая содержит атомы йода. Йод встроен в молекулы аминокислоты тирозин или гистидин и имеет положительную валентность, где и оказывает свои свойства. В то же время он отличается высокой термической стойкостью, устойчив к воздействию света при хранении, что обеспечивает его содержание при производстве разнообразных биологически активных добавок для животных. Именно органическая форма йода способствует наиболее эффективному йодированию животных [19, 20, 21].

Цель и методика исследований

Целью исследований являлось изучение влияния биологически активных веществ (дигидрокверцетина (ДКВ) и органического йода) на рубцовый метаболизм овец.

Физиологический опыт проведен на фистульных овцах возрастом 24 месяца, средней массой 40 кг. Применялся метод групп периодов. Рацион животных контрольной группы состоял из сена разнотравного 1,5 кг и 0,4 кг комбикорма. Животные 1-й опытной группы в дополнение к рациону получали 100 мл ДКВ, животным 2-й опытной группы к основному рациону добавляли 100 мг ДКВ и 1,05 мг биойода. Дигидрокверцетин и биойод включали в рацион в смеси (наполнитель и биологически активные вещества). В соответствии с методикой проведения физиологического опыта в конце каждого периода было отобрано рубцовое содержимое как до кормления, так и через 3 часа после, с целью изучения показателей рубцового метаболизма.

Результаты исследований

Эффективность использования питательных веществ рациона отражается прежде всего в микробиологических показателях рубцового содержимого овец. Благодаря активной деятельности микроорганизмов питательные вещества кормов рациона превращаются в соединения, доступные для усвоения животными, при этом белок, синтезированный микроорганизмами, имеет высокую биологическую ценность. Кроме того, важной характеристикой функциональных изменений рубцовой микрофлоры является формирование ее количества. Использование биологически активных веществ в рационе животных опытных групп в значительной степени повлияли на общее количество микроорганизмов в рубцовой жидкости.

Наибольшее содержание микробиальной массы наблюдалось во второй группе и составило 1,021 г/100 мл, что превышало показатель в первой опытной группе на 12,7 %, а контрольной – на 15,4 %. Значительное увеличение сопровождалось за счет изменения видового состава микрофлоры рубца. Так, количество простейших во второй группе, получавшей ДКВ и органический йод, было выше, соответственно, на 25 % и на 72 % относительно контрольной и первой опытной групп. Включение в рацион опытных групп биологически активных веществ также повлияло на более высокое количество бактериальной массы в рубцовой жидкости; в первой опытной группе она увеличилась на 22,5 %, во второй – на 8,7 % относительно контроля (рис. 1).

Дисбаланс окислительно-восстановительных процессов в организме может оказать неблагоприятное воздействие на интенсивность рубцового пищеварения, это связано как со структурой рациона, так и с качеством воды. Обычная вода, про-

никая в клетки, может отбирать у них электроны, при этом биологические структуры клеток под влиянием окислительного воздействия разрушаются. «Правильная» вода нормализует окислительно-восстановительный баланс. Так, например, окислительно-восстановительный потенциал ионизированной воды равен -100-300 мВ, кровь человека – от -50 до -100 мВ, молоко матери – около -70 мВ, молоко сырое коровье – около +150 мВ. Ионизированная вода приводит в порядок микрофлору ЖКТ путем стимулирования роста положительной микрофлоры и подавляет рост патогенной. При этом показатель окислительно-восстановительного потенциала воды, имеющий отрицательное значение, свидетельствует о восстановительных процессах в ней, а это, в свою очередь, оказывает благоприятное воздействие на состояние организма. Флавоноидные соединения, наиболее активным из которых является дигидроквертецин, выступают в качестве антиоксиданта, их использование позволяет эффективно противодействовать разрушительным факторам, действующим на организм [22]. Об этом свидетельствуют данные окислительно-восстановительного потенциала химуса. В контрольный период этот показатель составил -272 мВ, в первый опытный -404 мВ, а во второй опытный +107 мВ; полученные данные свидетельствуют об усилении восстановительных процессов в организме животных первой опытной группы. Активное действие органического йода в рационе животных второй опытной группы способствовало проявлению окислительных процессов в рубце, это отражают достоверные данные по общей окисленности – 0,412 ед. экс. В контрольной группе этот показатель составил 0,146 ед. экс, а в первой опытной группе – 0,081 ед. экс. (табл.).

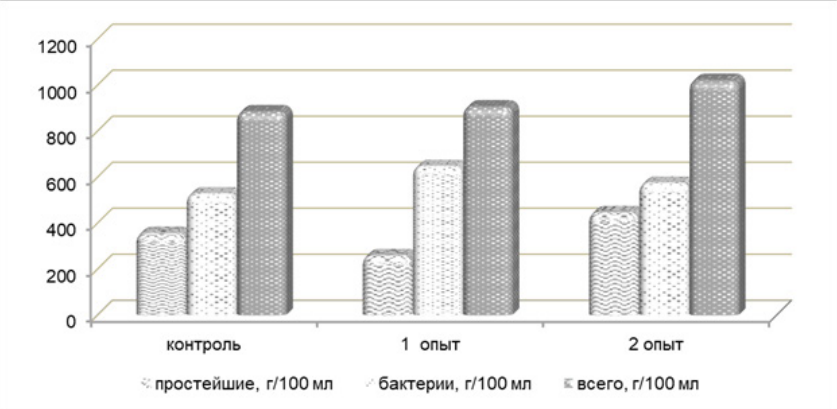


Рис. 1 – Микробиологические показатели рубцового содержимого овец.

Таблица – Динамика pH, окисленность и ОВП в рубцовой жидкости овец

Показатель	Группа (n=6)		
	контроль	1 опыт	2 опыт
pH	5,69 ± 0,135	6,41 ± 0,053 **	5,85 ± 0.078
Окисленность, ед. экс.	0,146 ± 0,049	0,081 ± 0,003	0,412 ± 0,032 **
ОВП, мВ	- 272 ± 15,9	- 404 ± 7,78 ***	+ 107 ± 10,27 ***

Достоверно при: ** – P ≤0,01, *** – P ≤0,001

Более кислая среда рубцового содержимого первостепенно оказывает отрицательное влияние на формирование группы микроорганизмов, отвечающих за расщепление и переваривание грубых кормов. В то же время значение pH в жидкости рубца зависит от баланса между образованием кислот ферментации, их нейтрализацией и всасыванием. В наших исследованиях уровень pH химуса, который был более щелочным в рубце животных, получавших только антиоксидант, составил 6,41 ед, что превышало контроль на 12,7 %, а показатель второй опытной группы – на 9,6 %, следовательно, введение в рацион дигидрокверцетина снижало активную кислотность рубцового содержимого. (табл.).

Изменение концентрации водородных ионов в рубцовой жидкости отразилось на амилолитической активности микрофлоры рубца. благоприятным условием которой является кислая среда. В связи с этим в рубце животных, получавших органический йод, амилолититческая активность была выше относительно других групп и составила 17,72 Е/мл; наибольшая разница оказалась с первой опытной группой (9 %), при относительно близких показателях с контрольной группой – 17,52 Е/мл. (рис. 2).

Летучие жирные кислоты как источник энергии для жвачных обеспечивают организм животных более чем на 70 % от общей потребности, при этом различия в их концентрации в рубцовом содержимом зависят от скорости распада углеводистой части кормов. В большей степени это связано со значением pH химуса. Более кислая среда в рубце животных контрольной и второй опытной групп способствовала образованию большего уровня ЛЖК, соответственно, на 23,2 % и на

15,2 % относительно животных первой опытной группы, в которой этот показатель был равен 9,61 мМоль/100мл (рис. 2).

Совокупность показателей pH и общего количества ЛЖК свидетельствуют о том, что в рубце животных контрольной и второй опытной групп биосинтетические процессы протекали более интенсивно, чем у животных, получавших в рационе только дигидрокверцетин. При этом нужно отметить, что понижение pH в рубце животных второй опытной и особенно контрольной групп, как правило, уменьшает уровень уксусной кислоты и соответственно увеличивается соотношение масляной и пропионовой кислот.

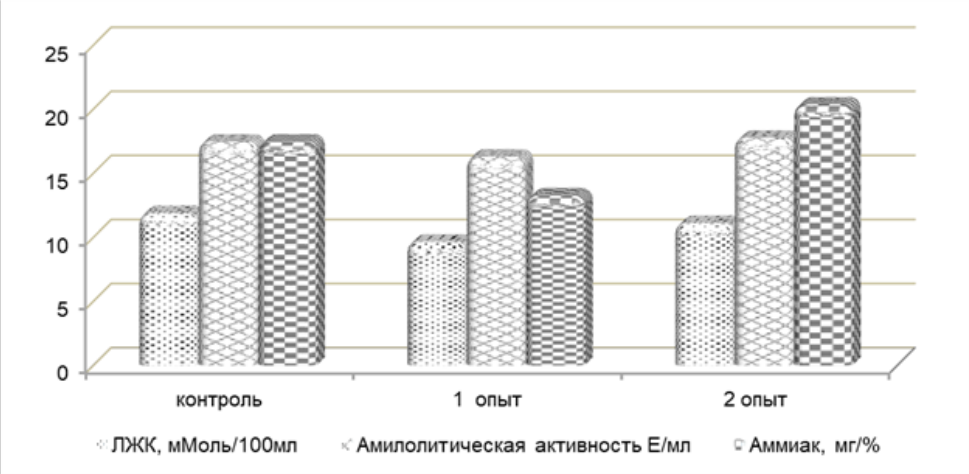


Рис. 2 – Физиологические показатели рубцовой жидкости овец

В рубце жвачных животных под действием ферментов микроорганизмов белки растительных кормов расщепляются на пептиды, аминокислоты, а затем и на аммиак. При этом микроорганизмы рубца могут использовать не только белковые, но и небелковые азотистые вещества, из которых они синтезируют более полноценный микробиальный белок. Концентрация аммиака в рубцовом содержимом оказывает большое влияние на его использование бактериями и простейшими, при этом установлено, что его оптимальное количество в рубце жвачных животных должно быть 10-20 мг/%. В проведенных исследованиях выявлено, что интенсивность образования аммиака в рубце животных второй опытной группы была выше на 2,9 мг/% в сравнении с контрольной группой и на 7,1 мг % в сравнении с первой опытной. Это свидетельствует о том, что процесс усвоения азота в организме животных, получавших в составе рациона только дигидрокверцетин, протекал более интенсивно, что согласуется с образованием большего количества бактериальной массы в рубце этих животных (рисунки 1, 2).

Заключение

В заключение можно отметить, что использование в рационе изучаемых биологически активных веществ способствовало наибольшему развитию и жизнедеятельности микроорганизмов рубца, оказало положительное влияние на образование и усвояемость азота и в целом способствовало регуляции положительной динамики рубцового метаболизма.

Список литературы

1. Исследование физиологического действия биологически активной добавки на основе пробиотика и шунгита у овец и растущих бычков. / В.Н. Романов, Н. В. Боголюбова, А. В. Мишуров [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2019. - №2. – С. 54-63. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.2.54-63

2. Sakurai T., Tsuchiya S. Superoxide production from non-enzymatically glycated protein // FEBS Lett. - 1998. - V. 236. - P. 406-410. DOI: 10.1016/0014-5793(88)80066-8.

3. Современные способы улучшения здоровья и роста продуктивности жвачных животных. / В.Н. Романов, Н.В. Боголюбова, Г. Ю. Лаптев [и др.] // Подольск, 2018. - 128 с. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36483768

4. Rice-Evans C. Flavonoid antioxidants // Curr Med Chem. - 2001. - V. 8. №7. - P. 797-807; DOI: 10.2174/0929867013373011

5. Uegaki R, Ando S, Ishida M [et al] Antioxidant activity of milk from cows fed herbs. // Nippon Nogeikagaku Kaishi. - 2001.- 75. - 669–671. DOI:10.1271/nogeikagaku1924.75.669

6. NRC. Ntrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids // The National Academies Press, Washington. - 2007. - 384 p.; https://www.nap.edu/catalog/11654/nutrient-requirements-of-small-ruminants-sheep-goats-cervids-and-new

7. Holovska K., Lenartova V., Holovska K. [et al] Are ruminal bacteria protected against environmental stress by plant antioxidants? // Letters in Applied Microbiology. – 2002. – 35. - 301–304. DOI: 10.1046/j.1472-765x.2002.01185.x

8. Lenartova, V., Holovska, K. and Javorsky, P. The influence of mercury on the antioxidant enzyme activity of rumen bacteria Streptococcus bovis and Selenomonas ruminantium. // FEMS Microbiology Ecology. – 1998. – 27. - 319–325. DOI:10.1016/

S0168-6496(98)00077-4

9. Gazi M. R., Yokota M., Tanaka Y. [et al] Effects of protozoa on the antioxidant activity in the ruminal fluid and blood plasma of cattle // Animal Science Journal. 2007. – 78. - 34–40. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2006.00401.x

10. Биологически активный препарат как альтернатива использования антибиотиков против патогенных микроорганизмов / О. А. Артемьева, Д. А. Переселкова, Ю. П. Фомичев // Сельскохозяйственная биология. - 2015, - №4, - С. 513-519. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.4.513rus

11. Фролов А.И. Эффективность применения биодобавки в рационах телок случного возраста. / А.И. Фролов, А.Н. Бетин // Вестник АПК Верхневолжья. – 2020. - №1 (49). – С. 55-58. DOI: 10.35694/YARCX.2020.49.1.012

12. Shuchong Zu, Lei Yang, Jinming Hyang, Chunhui Ma, Wenjie Wang, Chunjian Zhao, Yuangang Zu. Micronization of Taxifolin by Supercritical Antisolvent Process and Evaluation of Radical Scavenging Activity // Int. J. Mol. Sci. - 2012. -13. P. 8869-8881; DOI:103390/iJms13078869

13. Кокаева М. Антиоксиданты в рационах лактирующих коров / М. Кокаева // Комбикорма. – 2018. - №7-8. – С. 82-84. DOI: 10.25741/2413-287X-2018-07-4-015

14. Karpinski, P.H. Polymorphism of Active Pharmaceutical Ingredients // Chem. Eng. Technol. - 2006. - (29). - P. 233–237; DOI:10.1002/ceat.200500397.

15. Sunil C., Xu B., An insight into the health-promoting effects of taxifolin (dihydroquercetin) // Phytochemistry. - 2019. - 166. 112066; DOI:10.1016/j.phytochem.2019.112066.

16. Terekhov R., SelivanovaI., TyukavkinaN., IlyasovI., Zhevlakova A. [et al] Assembling the Puzzle of Taxifolin Polymorphism // Molecules. - 2020. - 25(22). - P. 5437; DOI: 10.3390/molecules25225437

17. Исследование активности рубцового метаболизма у молочного скота под действием антиоксиданта и адсорбента. / З. В. Бурнацева, Р. Б. Темираев, М. Г. Кокаева [и др.] // Известия Грского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 55. - №4, - С. 97-101. https://www.elibrary.ru / item.asp?id=36640438

18. Ilyasov, I., Beloborodov V., Antonov D., Dubrovskaya A.,Terekhov R. [et al] Flavonoids with Glutathione Antioxidant Synergy: Influence of Free Radicals Inflow // Antioxidants. - 2020. (9) - P. 695; DOI:10.3390/antiox9080695.

19. Дигидрокверцетин и арабиногалактан – природные биорегуляторы: применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Ю.П. Фомичев, Л.А. Никанова, В.И. Дорожкин [и др.] // Монография. М:. «Научная библиотека». - 701 с. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32726359

20. EFSA Opinion of the scientific panel on additives and products or substances used in animal feed on the request from the commission on the use of iodine in feedingstuffs // EFSA J. – 2005. - 168(2): - 1–42. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.168

21. Preedy VR, Burrow GN, Watson R [et al] Comprehensive handbook of iodine: nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects. Comprehensive handbook of iodine: nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects // Academic Press, Amsterdam. – 2009. - p. 1334. https://books.google.ru/books?id=7v7g5XoCQQwC&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false

22. Лунин Н. П. Высокоочищенный природный питьевой нутриент – дигидрокверцетин // Питьевая вода. 2005. № 2. С. 31-33. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9128621

THE INFLUENCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON SHEEP RUMEN METABOLISM

MISHUROV Alexey V., *Candidate of Agricultural Science, Senior Researcher, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry)*

Problem and purpose. *To increase the efficiency of the use of feed nutrients, it is advisable to use biologically active substances that contribute to the improvement of physiological processes in the body of animals for the realization of their genetic potential - productivity. The aim of the research was to study the effect of biologically active substances (dihydroquerticin and organic iodine) on rumen metabolism in sheep.*

Methodology. *The experiment was carried out by the method of groups of periods in the conditions of the physiological yard of L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry), on sheep analogs (n=6) with chronic rumen fistulas according to Basov. Animals of the 1st experimental group received 100 ml of DHQ in addition to the main diet. The 2nd experimental group got 100 mg of DHQ and 1.05 mg of organic iodine.*

Results. *The use of additives in the diets of the animals of the experimental groups influenced the total content of microorganisms in the rumen fluid, which was 1.021 g / 100 ml in the second experimental group, that was higher than in the first experimental group by 12.7 %, and in the control group by 15.4 %. At the same time, the formation of bacteria in the rumen fluid in the 1st experimental group was 22.5 % higher and it was 8.7 % higher in the 2nd group relative to the control. A lower level of ammonia concentration in the rumen of animals of the 1st experimental group was 4.2 mg/% lower relative to the control and by 7.1 mg/% in the 2nd experimental group, that was interrelated with its more effective use of rumen microflora.*

Conclusion. *The data obtained indicated that the use of the studied biologically active substances in the diet promoted the greatest development and vital activity of rumen microorganisms and, in general, contributed to the regulation of the positive dynamics of rumen metabolism, had a positive effect on the formation and assimilation of nitrogen.*

Key words: *sheep, dihydroquercetin, organic iodine, biologically active substances, rumen metabolism.*

Literatura

1. Study of the physiological effect of a dietary supplement based on probiotic and shungite in sheep and growing bulls. / V.N. Romanov, N. V. Bogolyubova, A. V. Mishurov [and others] // Problems of biology of productive animals. - 2019. - No. 2. - S. 54-63. DOI: 10.25687 / 1996-6733.prodanimbiol.2019.2.54-63

2. Sakurai T., Tsuchiya S. Superoxide production from non-enzymatically glycated protein // FEBS Lett. - 1998. - V. 236. - P. 406-410. DOI: 10.1016 / 0014-5793 (88) 80066-8.

3. Modern ways to improve the health and productivity of ruminants. / V.N. Romanov, N.V. Bogolyubova, G. Yu. Laptev [and others] // Podolsk, 2018. - 128 p. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36483768

4. Rice-Evans C. Flavonoid antioxidants // Curr Med Chem. - 2001. - V. 8. No. 7. - P. 797-807; DOI: 10.2174 / 0929867013373011

5. Uegaki R, Ando S, Ishida M [et al] Antioxidant activity of milk from cows fed herbs. // Nippon Nogeikagaku Kaishi. - 2001.- 75. - 669–671. DOI:10.1271/nogeikagaku1924.75.669

6. NRC. Ntrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids // The National Academies Press, Washington. - 2007.-- 384 p.; https://www.nap.edu/catalog/11654/nutrient-requirements-of-small-ruminants-sheep-goats-cervids-and-new

7. Holovska K., Lenartova V., Holovska K. [et al] Are ruminal bacteria protected against environmental stress by plant antioxidants? // Letters in Applied Microbiology. – 2002. – 35. - 301–304. DOI: 10.1046/j.1472-765x.2002.01185.x

8. Lenartova, V., Holovska, K. and Javorsky, P. The influence of mercury on the antioxidant enzyme activity of rumen bacteria Streptococcus bovis and Selenomonas ruminantium. // FEMS Microbiology Ecology. – 1998. – 27. - 319–325. DOI:10.1016/S0168-6496(98)00077-4

9. Gazi M. R., Yokota M., Tanaka Y. [et al] Effects of protozoa on the antioxidant activity in the ruminal fluid and blood plasma of cattle // Animal Science Journal. 2007. – 78. - 34–40. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2006.00401.x

10. Biologically active drug as an alternative to the use of antibiotics against pathogenic microorganisms / OA Artemieva, DA Pereselkova, Yu. P. Fomichev // Agricultural biology. - 2015, - No. 4, - S. 513-519. DOI: 10.15389 / agrobiology.2015.4.513rus

11. Frolov A.I. The effectiveness of the use of supplements in the diets of heifers of breeding age / A.I. Frolov, A.N. Betin // Bulletin of the agro-industrial complex of the Upper Volga. - 2020. - No. 1 (49). - S. 55-58. DOI: 10.35694 / YARCX.2020.49.1.012

12. Shuchong Zu, Lei Yang, Jinming Hyang, Chunhui Ma, Wenjie Wang, Chunjian Zhao, Yuangang Zu. Micronization of Taxifolin by Supercritical Antisolvent Process and Evaluation of Radical Scavenging Activity // Int. J. Mol. Sci. - 2012.-13. P. 8869-8881; DOI: 103390 / iJms13078869

13. Kokaeva M. Antioxidants in the diets of lactating cows / M. Kokaeva // Compound feed. - 2018. - No. 7-8. - S. 82-84. DOI: 10.25741 / 2413-287X-2018-07-4-015

14. Karpinski, P.H. Polymorphism of Active Pharmaceutical Ingredients // Chem. Eng. Technol. - 2006. - (29). - P. 233-237; DOI: 10.1002 / ceat.200500397.

15. Sunil C., Xu B., An insight into the health-promoting effects of taxifolin (dihydroquercetin) // Phytochemistry. - 2019. - 166.112066; DOI: 10.1016 / j.phytochem.2019.112066.

16. Terekhov R., Selivanova I., Tyukavkina N., Ilyasov I., Zhevlakova A. [et al] Assembling the Puzzle of Taxifolin Polymorphism // Molecules. - 2020. - 25 (22). - P. 5437; Doi: 10.3390 / molecules25225437

17. Study of the activity of rumenal metabolism in dairy cattle under the action of an antioxidant and adsorbent. / ZV Burnatseva, RB Temiraev, MG Kokaeva [and others] // Bulletin of the Grsk State Agrarian University. - 2018. - T. 55. - No. 4, - S. 97-101. https://www.elibrary.ru /item.asp?id=36640438

18. Ilyasov, I., Beloborodov V., Antonov D., Dubrovskaya A., Terekhov R. [et al] Flavonoids with Glutathione Antioxidant Synergy: Influence of Free Radicals Inflow // Antioxidants. - 2020. (9) - P. 695; DOI: 10.3390 / antiox9080695.

19. Dihydroquercetin and arabinogalactan - natural bioregulators: application in agriculture and food industry / Yu.P. Fomichev, L.A. Nikanov, V.I. Dorozhkin [et al.] // Monograph. M:. "Science Library". - 701 p. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32726359

20. EFSA Opinion of the scientific panel on additives and products or substances used in animal feed on the request from the commission on the use of iodine in feedingstuffs // EFSA J. - 2005. - 168 (2): - 1–42. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.168

21. Preedy VR, Burrow GN, Watson R [et al] Comprehensive handbook of iodine: nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects. Comprehensive handbook of iodine: nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects // Academic Press, Amsterdam. - 2009. - p. 1334. https://books.google.ru/books?id=7v7g5XoCQQwC&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false

22. Lunin NP Highly purified natural drinking nutrient - dihydroquercetin // Drinking water. 2005. No. 2. S. 31-33. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9128621

УДК 638.166.2

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.006

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МЕДА НА ЕГО ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

***МУРАШОВА Елена Анатольевна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, murashova.36@mail.ru*

***ФЕДОСОВА Ольга Александровна,** канд. биол. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, fedosowa1986@mail.ru*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

***СЕРЕБРЯКОВА Оксана Владимировна,** мл. науч. сотрудник ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», oksana.sazonova.94@mail.ru*

***Проблема и цель.** Целью работы стало исследование воздействия технологических факторов меда на показатель (pH) и электропроводность.*

***Методология.** Исследования проводили в испытательной лаборатории ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства». Для определения pH и электропроводности у медов разного ботанического происхождения заготавливали пробы и исследовали их. Для проведения сравнительного анализа исследуемых показателей у натурального и фальсифицированных проб меда использовали образцы фальсификатов, которые были получены при скармливании пчелам сахарного сиропа, инвертного сиропа, крахмальной патоки, свекловичной патоки. Контрольные и опытные образцы заготавливали в десятикратной повторности.*

***Результаты.** На основании проведенных исследований было выявлено, что самое низкое (кислое) значение водородного показателя (в среднем 2,8 ед.pH) у акациевого меда. Каштановый мед имел значение 4,7 ед. pH. Мед из падевого сырья характеризовался менее кислой средой, чем остальные, в среднем 5,3 ед.pH. Наивысшей электропроводностью обладал падевый мед (0,7 мСм/см) и мед с каштана посевного (0,6 мСм/см). Самым кислым показателем pH среди фальсификатов характеризовался мед из сахарного сиропа (2,1 ед.pH). Щелочным значением pH обладал мед из свекловичной патоки 7,9 ед.pH. Наименьшая электропроводность выявлена у меда из сахарного сиропа 0,1мСм/см. Наивысшей электропроводностью обладал фальсификат на основе крахмала – 0,8мСм/см.*

***Заключение.** В ходе исследования достоверно установлено, что показатель концентрации водородных ионов в меде имеет зависимость от ботанического источника сырья меда, то есть от вида меда. Электропроводность имеет линейную зависимость от источника медосбора. Водородный показатель и электропроводность натурального меда и фальсификатов отличаются по значениям. Определение показателей pH и электропроводности может отражать фальсификацию медов.*

***Ключевые слова:** мед натуральный, фальсифицированный мед, электропроводность, водородный показатель, ботаническое происхождение.*

Введение

Физические свойства меда – это спектр его характеристик, отражающих внешние особенности и ответную реакцию на воздействие внешних факторов. Физические свойства натурального меда – это первичные показатели, которые, прежде всего, оценивают при экспертизе его качества и безопасности [1].

Основные физические свойства меда подразделяют на следующие группы: органолептические (внешний вид, аромат, вкус), структурно-механические (консистенция, вязкость, кристаллизация), оптические (цвет, прозрачность), сорбционные (гигроскопичность), термические (температура плавления, кипения, замораживания), электрофизические и собственно физико-химические (электропроводность, pH, свободная кислотность и др.) [2].

Данный показатель часто используют для экспертной характеристики кислотно-основных свойств меда натурального. Концентрация ионов водорода в меде часто воздействует на весь спектр его физико-химических свойств [3,4].

Водородный показатель (pH) является дополнительным качественным критерием при идентификации его соответствия нормативно-техническим требованиям государственного стандарта на данный продукт. Все имеющиеся свойства меда натурального, как известно, берут свое начало из первоначального сырья, из которого он изготовлен. Несомненно, водородный показатель (активная кислотность) и показатель свободной кислотности меда, произведенного из нектара, сильно отличается от падевого и тем более от искусственного фальсификата [5].

Сырьем для создания меда медоносными пче-

© Мурашова Е. А., Федосова О. А., Серебрякова О. В., 2021 г.

лами является цветочный нектар. Нектар – это сладкая жидкость, которая выделяется специализированными железами (нектарниками). Данные железы располагаются в надземных частях высших растений. Процесс выделения нектара служит необходимым способом регуляции давления внутренних соков растения, циркулирующих по системам ксилемы и флоэмы. Привлечение насекомых-опылителей является вторичной функцией нектаровыделения [6,7]. Средние значения водородного показателя медов в процессе хранения представлены на рисунке 1 (Т. М. Русакова, С. Н. Акимова, 2015).

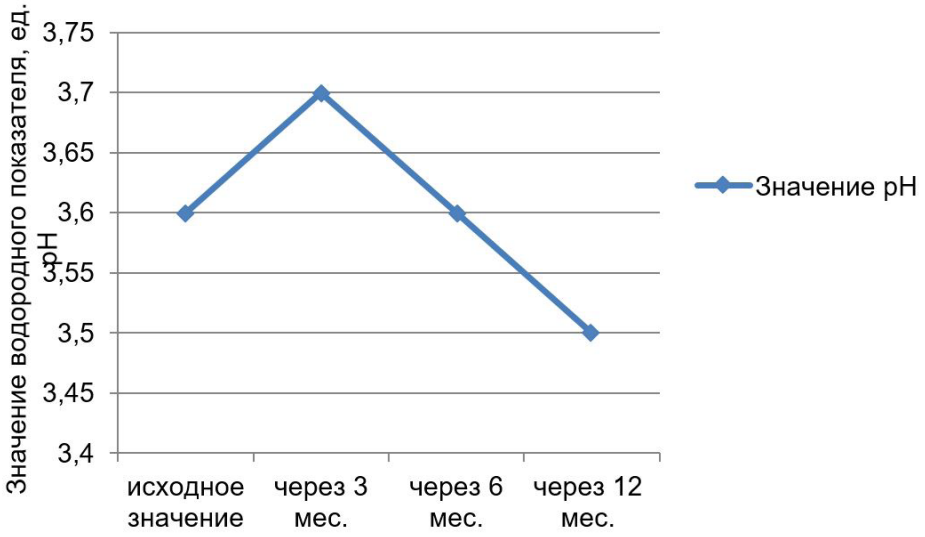


Рис. 1 - Изменение значения pH в процессе хранения

Установлено, что в процессе первого периода хранения в медах происходит незначительное увеличение значения активной кислотности, но затем оно становится чуть ниже исходного значения [9]. Это происходит потому, что во время хранения меда происходят определенные биохимические процессы, которые способствуют образованию и повышению содержания свободных кислот.

Сухое вещество чистого цветочного нектара составляет 0,025-0,45 %. Показатель активной кислотности колеблется от 2,7 до 6,4 ед.pH, а свободная кислотность – от 10,0 до 29,0 мЭкв/кг, в зависимости от вида растения. Падь также является сырьем для падевого меда. Чистая падь имеет буферную среду с большим уклоном к щелочному диапазону.

Значение водородного показателя (активной кислотности) зрелого натурального меда варьирует почти в тех же границах. Установлено, что pH у цветочного нектара находится в диапазоне от 2,6 до 6,3 ед.pH. Кислотность нектарного меда в среднем может быть 3,0-4,5 ед.pH, а падевого – 4,5-6,3 ед.pH. Нижняя граница показателя свободной кислотности падевого меда имеет значение от 7,0 мЭкв/кг [8, 9]. Изменение водородного показателя в цепочке от сока растения донник лекарственный до созревшего меда схематично представлено на рисунке 2 (М. М. Глухов, 1997).

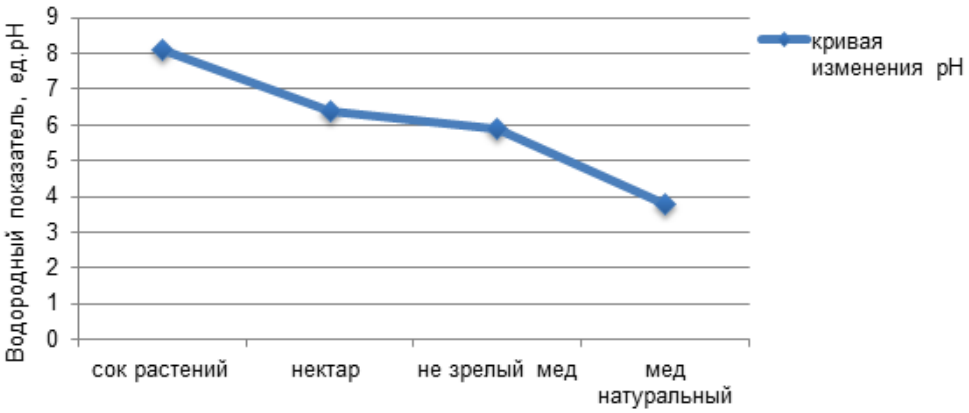


Рис. 2 - Динамика изменения водородного показателя (активной кислотности) в цепи от сырья до готового меда

На основании динамики, представленной на рисунке 2, видно, что водородный показатель донникового меда на пути от сока ситовидных трубок растений до созревшего натурального меда изменяется в сторону снижения активной кислотности. Так, известно, что сок, содержащийся в элементах

флоэмы растений и обеспечивающий транспортировку ассимилянтов и питательных веществ, имеет показатель pH в среднем 8,1 ед.pH, другими словами, имеет щелочную среду. Далее, когда этот сок выделяется через нектарники, и концентрация сухих веществ в нем увеличивается, активная кислотность его снижается до показателя 6,4 ед.pH.

В незрелом меде с массовой долей влажности 24-26 % активная кислотность (pH) находится на уровне 5,8 ед.pH, ввиду того что в незрелом меде высокое содержанием влаги и концентрация сухих веществ не идентична концентрации в зрелом меде. В итоге, после запечатывания ячеек пчелами активная кислотность зрелого меда становится для него стандартной и имеет значение в среднем 3,8 ед.pH. Это говорит о том, что активная кислотность меда зависит и от степени обработки нектара пчелами, так как сами пчелы производят мед с оптимальной кислотностью в качестве корма для зимовки. Ведь недостаточно закисленные корма в течение зимнего периода вызывают у пчел нарушение пищеварения и, как следствие, понос.

Водородный показатель pH меда натурального полностью отличается от показателя свободной кислотности прежде всего тем, что они обозначают разные значения буферной среды раствора. Так, pH отражает содержание и концентрацию ионов водорода водного раствора меда натурального. Другими словами, концентрация ионов водорода – это термодинамическая активность гидроксоний-ионов. Показатель свободной кислотности является частью показателя общей кислотности, которая и вызывает снижение pH раствора ниже значения 4,5 ед.pH.

Измерение водородного показателя и свободной кислотности меда натурального осуществляется согласно ГОСТ 32169-2013. Метод основан на потенциометрическом определении водородного показателя и общей нейтрализации свободных и связанных кислот раствором гидроокиси натрия до 8,3 ед.pH [8, 10]. Преимущество данного метода заключается в том, что он может быть использован для проведения титрования сильно разбавленных растворов.

Дополнительным качественным показателем является электропроводность меда. Электропроводность растворов меда характеризует способность меда проводить электрический ток. В системе СИ измеряется величина в См/см (сименс). Учитывается прежде всего то, что мед содержит достаточное количество минеральных веществ (зольных элементов) в виде ионов. Минеральные элементы в составе меда способны проводить электрический ток. Следовательно, измерять данный показатель целесообразно и необходимо [11-14].

Значение данного показателя варьирует в зависимости от электропроводности сырья, из которого был получен мед. Мед имеет электропроводность в диапазоне от 0,1 до 0,6 мСм/см, а падевый мед –до 0,9 мСм/см.

Измерения электрической проводимости осуществляется согласно ГОСТ 31770-2012. Метод основан на определении общей электрической проводимости в водном растворе 20 %-го исследуемого электролита.

Электропроводность раствора меда зависит от минерального состава меда и содержания в нем зольных элементов [15-18].

С целью пополнения базы данных о влиянии основных факторов на водородный показатель (pH) и электропроводность меда натурального было проведено исследование воздействия технологических факторов меда на его дополнительные качественные показатели.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

– определить влияние ботанического происхождения меда на значение водородного показателя (pH) и электропроводность;

– провести сравнительный анализ диапазона pH и электропроводности у натуральных медов разного ботанического происхождения и фальсифицированных проб меда.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в испытательной лаборатории Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пчеловодства» (ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства»). Исследование водородного показателя и свободной кислотности меда натурального и фальсификатов осуществляли согласно ГОСТ 32169-2013.

Исследование электропроводности меда натурального и его фальсификатов осуществляли согласно ГОСТ 31770-2012 Мед. Метод определения электропроводности.

Для определения pH и электропроводности у медов разного ботанического происхождения заготавливали пробы меда и исследовали их на содержание преобладающих пыльцевых зерен согласно ГОСТ 31766-2012 Меды монофлорные. Технические условия (п. 6.2 Определение доминирующих пыльцевых зерен).

Для сравнения значений исследуемых показателей у натурального и фальсифицированных проб меда заготавливали образцы фальсификатов, которые были получены при скармливании пчелам: сахарного сиропа, инвертного сиропа, крахмальной патоки, свекловичной патоки.

Контрольные и опытные образы заготавливали в десятикратной повторности. Определение исследуемых показателей pH и электропроводности проводили в опытных и контрольных образцах.

Биометрическая обработка данных, полученных в ходе запланированного исследования, проводилась с использованием программ статистической обработки данных Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследования водородного показателя (pH) у медов разного ботанического происхождения представлены на рисунке 3.

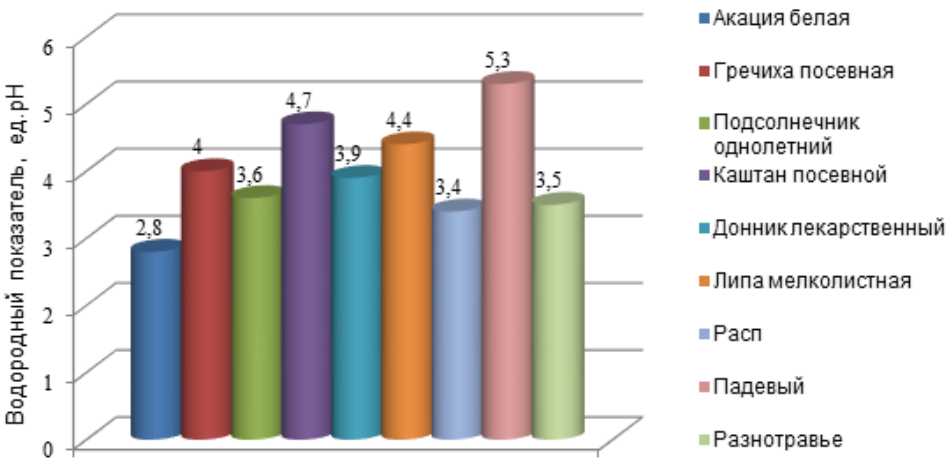


Рис. 3 - Водородный показатель медов разного ботанического происхождения, (M ± m)

На основании данных, представленных на рисунке 3, можно отметить, что значение водородного показателя имеет зависимость от ботанического происхождения меда. В качестве контрольного образца был выделен образец меда с лугового разнотравья и имел значение показателя 3,5 ± 0,05 (пределы колебания lim ∫ (x): 3,3-3,6 ед.pH).

Самое низкое значение водородного показателя было у акациевого меда и варьировало в диапазоне lim ∫(x): 2,6-3,0 ед.pH и в среднем было равно 2,8 ± 0,09 ед. pH (P≥0,999), что на 0,7 ед.pH меньше контроля. Это объясняется, вероятно, свойствами нектара акации. Водородный показатель гречишного меда имел значение 4,0 ± 0,07 ед. pH (P≥0,999), что на 0,5 ед.pH выше контрольного показателя и также варьировал в следующих границах – (lim ∫(x): 3,9-4,2 ед.pH). Необходимо отметить, что pH темных видов медов почти всегда имеет значение выше 3,5 ед.pH за счет более высокого содержания белка, который представлен коллоидными образованиями.

Мед с подсолнечника однолетнего имел pH в границах lim ∫(x): 3,5-3,8 ед.pH, и в среднем имел значение 3,6 ± 0,05 ед. pH (P≥0,95). Водородный показатель донникового меда был на 0,4 ед.pH ниже контрольного образца, и имел значение в среднем 3,9 ± 0,07 ед. pH (P≥0,999), вариация показателей выборки была в границах – lim ∫(x): 3,7-4,1 ед.pH. Подсолнечниковый и донниковый виды меда имеют усредненные показатели pH, которые также зависят от большого спектра факторов, в условиях которых производился мед.

Каштановый мед отличился от контроля на 1,2 ед.pH, что является самой высокой разницей среди всех нектарных медов, и имел среднее значение 4,7 ± 0,05 ед.pH (P≥0,999), с пределами колебаний – lim ∫(x): 4,6-4,9 ед.pH. Каштановый мед почти всегда имеет самый щелочной водородный показатель среди всех нектарных медов, что также основано на свойствах и составе нектара данного источника. Мед с липы мелколистной имел значение водородного показателя в диапазоне lim ∫(x): 4,2-4,6 ед.pH, в среднем показатель pH был равен 4,4 ± 0,07 ед.pH (P≥0,999), что на 0,9 ед.pH выше контрольного показателя.

Мед с липы имеет в своем составе большое количество белковых элементов, что способствует установлению его буферной системы в достаточно высоком диапазоне. Мед из падевого сырья имел менее кислую среду, чем остальные образцы, и варьировал в пределах – lim ∫(x): 5,2-5,5 ед.pH, в среднем показатель был равен 5,3 ±0,05 ед. pH (P≥0,999). Концентрация водородных ионов рапсового меда была в пределах lim ∫(x): 3,2-3,5 ед.pH, в среднем – 3,4 ± 0,06 ед.pH.

Таким образом, достоверно установлено, что показатель концентрации водородных ионов в меде зависит от ботанического источника сырья меда, то есть от вида меда.

Результаты исследования зависимости электропроводности меда натурального от ботанического происхождения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение показателя электропроводности медов разного ботанического происхождения, (M±m)

Ботаническая принадлежность образца	Электропроводность (мСм/см)	Пределы колебаний lim ∫(x)	Cv	σ
Разнотравье (контроль)	0,3 ± 0,03	0,2-0,4	23,57	0,07
Акация	0,2 ± 0,04 ***	0,1-0,3	46,48	0,10
Гречиха посевная	0,5 ± 0,05 ***	0,3-0,6	24,79	0,11

Продолжение таблицы 1

Подсолнечник однолетний	0,4 ± 0,04 ***	0,3-0,5	22,02	0,08
Каштан посевной	0,6 ± 0,02 ***	0,5-0,6	9,78	0,05
Донник лекарственный	0,3 ± 0,04	0,2-0,4	29,88	0,08
Липа мелколистная	0,4 ± 0,02 ***	0,4-0,5	12,45	0,05
Рапс	0,3 ± 0,17	0,1-0,3	38,03	0,08
Падевый	0,7 ± 0,04 ***	0,6-0,8	12,30	0,08

Данные достоверны: * – Р ≥ 0,95; ** – Р ≥ 0,99; *** – Р ≥ 0,999

На основании данных, представленных в таблице 1, видно, что на уровень электропроводности меда влияет его ботаническое происхождение. Контрольным образцом при сравнении медов разного ботанического происхождения принят полифлерный мед с лугового разнотравья, электропроводность которого была равна 0,3 ± 0,03 мСм/см, с пределами колебаний от 0,2 до 0,4 мСм/см.

Наивысшей электропроводностью обладал падевый мед – 0,7 ± 0,04 мСм/см (Р≥0,999), что выше контрольного показателя на 0,4 единицы, вариация показателя находилась от 0,6 до 0,8 мСм/см. Несомненно, падевый мед обладает высоким содержанием минеральных компонентов, а также высоким содержанием зольного остатка. Также наивысшей степенью электропроводности среди нектарных медов обладал мед с каштана посевного, среднее значение показателя которого было на уровне 0,6 ± 0,02 мСм/см (Р≥0,999), а диапазон вариации находился в пределах от 0,5 до 0,6 мСм/см. Электропроводность каштанового меда была на 0,3 единиц выше контрольного показателя электропроводности меда с разнотравья .Каштановый мед особенно богат минеральными веществами, что способствует проявлению такого высокого значения показателя электропроводности.

Наименьшая электропроводность оказалась у меда с белой акации и составила в среднем 0,2 ± 0,04 мСм/см (Р≥0,999), что на 0,1 единицу ниже контрольного показателя. Это объясняется тем, что акациевый мед содержит в своем составе большое количество аминокислот, однако меньшее количество минеральных веществ, также в составе этого меда содержится небольшое количество пыльцевых зерен, что также обуславливает уровень электрической проводимости медов. Электропроводность акациевого меда находилась в пределах следующих значений: 0,1-0,3 мСм/см. Средними значениями показателей электропроводности отличался мед с донника лекарственного и находился в пределах от 0,2 до 0,4 мСм/см, со средним значением 0,3 ± 0,04 мСм/см. Также средний показатель оказался и у рапсового меда, и составил 0,3 ± 0,17 мСм/см, с пределами колебаний от 0,1 до 0,3 мСм/см.

Значение показателя электропроводности липового меда находилось на уровне 0,4 ± 0,02 мСм/см (Р≥0,999), и варьировал в пределах 0,4-0,5 мСм/см, что в среднем на 0,1 единицу выше контрольного значения. Электропроводность гречишного меда была выше контрольного показателя на 0,2 единицы, и составила 0,5 ± 0,05 мСм/см (Р≥0,999), с диапазоном от 0,3 до 0,6 мСм/см. Таким образом электропроводность имеет линейную зависимость от источника медосбора.

Результаты сравнительной характеристики показателей pH и электропроводности натурального и фальсифицированных образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значение показателя pH и электропроводности у натурального и фальсифицированных медов, M±m

Наименование образца	Водородный показатель (ед. pH)	Cv	σ	Электропроводность (мСм/см)	Cv	σ
Мед натуральный (контроль)	3,8 ± 0,09	5,53	0,19	0,3 ± 0,03	23,57	0,07
Фальсификат на основе: сахарного сиропа	2,1 ± 0,04 ***	4,02	0,08	0,2 ± 0,03 ***	41,12	0,06
крахмальной патоки	6,7 ± 0,07 ***	2,21	0,15	0,8 ± 0,003 ***	8,84	0,07
свекловичной патоки	7,9 ± 0,07 ***	1,93	0,15	1,0 ± 0,05 ***	10,96	0,11

Данные достоверны: * – Р ≥ 0,95; ** – Р ≥ 0,99; *** – Р ≥ 0,999

На основании данных, представленных в таблице 2, видно, что водородный показатель и электропроводность натурального меда и фальсификатов отличаются по значениям. Так, более кислым показателем pH среди фальсификатов оказался мед из сахарного сиропа: 2,1 ± 0,04 ед.pH (Р≥0,999), что на 1,7 единицы ниже контрольного значения меда натурального. Пределы колебания водород-

ного показателя фальсификатов на основе сахарного сиропа были в диапазоне от 2 до 2,2 ед.pH.

Щелочным значением pH обладал мед из свекловичной патоки и находился в диапазоне от 7,6 до 8,0 ед.pH, в среднем имел показатель на уровне 7,9 ± 0,07 ед.pH (P≥0,999). Фальсифицированный мед на основе крахмальной патоки имел значение водородного показателя в среднем 6,7 ± 0,07 ед.pH (P≥0,999) и варьировал в пределах 6,5-6,9 ед.pH. Концентрация водородных ионов инвертированного сиропа была равна 2,5 ± 0,04 ед.pH (P≥0,999), что на единицу ниже контрольного значения.

Одним из самых высоких показателей электропроводности обладал фальсификат на основе крахмала – 0,8 ± 0,03 мСм/см (P≥0,999), что выше контрольного показателя на 0,5 единиц, вариация показателя находилась от 0,7 до 0,9 мСм/см. Также высокой степенью электропроводности среди фальсификатов обладал мед на основе свекловичной патоки, среднее значение показателя которого было на уровне 1,0 ± 0,05 мСм/см (P≥0,999), а диапазон вариации находился в пределах от 1,0 до 1,2 мСм/см.

Наименьшая электропроводность оказалась у меда из сахарного сиропа и составила в среднем 0,1 ± 0,00 мСм/см (P≥0,999), что на 0,2 единицы ниже контрольного показателя. Электропроводность меда на основе сахарного сиропа находилась в пределах следующих значений: 0,09-0,2 мСм/см. Средними значениями показателей электропроводности отличался фальсификат из инвертированного сиропа и находился в пределах от 0,2 до 0,4 мСм/см, со средним значением 0,3 ± 0,03 мСм/см. Таким образом, можно отметить, что определение показателей pH и электропроводности может позволить выявить способ фальсификации медов.

Выводы

1. Самое кислое значение водородного показателя выявлено у акациевого меда – в среднем было равно 2,8 ± 0,09 ед. pH (P≥0,999). Каштановый мед отличился от контроля на 1,2 ед.pH, что является самой высокой разницей среди всех нектарных медов, и имел среднее значение 4,7 ± 0,05 ед. pH (P≥0,999). Мед из падевого сырья имел менее кислую среду, чем остальные; в среднем показатель был равен 5,3 ±0,05 ед. pH (P≥0,999).

2. Наивысшей электропроводностью обладал падевый мед – 0,7 ± 0,04 мСм/см (P≥0,999). Также высокой степенью электропроводности среди нектарных медов обладал мед с каштана посевного, среднее значение показателя которого было на уровне 0,6 ± 0,02 мСм/см (P≥0,999).

3. Самым кислым показателем pH среди фальсификатов оказался мед из сахарного сиропа – 2,1 ± 0,04 ед. pH (P≥0,999), Более щелочной буферной системой pH обладал мед из свекловичной патоки и в среднем имел показатель на уровне 7,9 ± 0,07 ед. pH (P≥0,999***).

4. Наименьшая электропроводность оказалась у меда из сахарного сиропа и составила в среднем 0,1 ± 0,00 мСм/см (P≥0,999). Наивысшей электропроводностью обладал фальсификат на основе крахмала – 0,8 ± 0,03 мСм/см (P≥0,999). Также наивысшей степенью электропроводности среди фальсификатов обладал мед на основе свекловичной патоки, среднее значение показателя которого было на уровне 1,0 ± 0,05 мСм/см (P≥0,999).

Заключение

В ходе исследования достоверно установлено, что показатель концентрации водородных ионов в меде имеет зависимость от ботанического источника сырья меда, то есть от вида меда. Это объясняется прежде всего тем, что диапазон водородного показателя медов главным образом зависит от свойств нектарного сырья, а также других факторов, в условиях которых производился мед. В частности, значение показателя pH у медов тем ниже и ближе к кислотному, чем больше в его составе аминокислот. Электропроводность имеет линейную зависимость от источника медосбора. Это основано на том, что мед с богатым минеральным составом и большим количеством пыльцевых зерен в составе медовой массы имеет повышенную концентрацию молекул электролита. Водородный показатель и электропроводность натурального меда и фальсификатов отличаются по значениям. Данные значения в основном имеют зависимость от источника и свойств исходного сырья, используемого для скармливания пчелам. Определение показателей pH и электропроводности может стать одним из критериев выявления фальсификации медов.

Список литературы

1. Бурмистрова, Л. А. О безопасности мёда на Российском рынке / Л. А. Бурмистрова, М. Н. Харитонова // Пчеловодство. – 2017. – № 6. – С. 50-51.– URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29853308

2. Хельмут, Х. Все о меде: Обработка меда / Х. Хорн, К. Люльльман. – М.: Астрель, 2015. – 316 с.– URL:http://www.cnshb.ru/Vexhib/honey/11_2415.pdf

3. Пименов, М. Ю. Мед. Товароведческая характеристика и ветеринарно-санитарная экспертиза / М. Ю. Пименов. – М.: «Аквариум», 2015. – 146 с.– URL:https://knigi-fermeru.ru/mjod-tovarovedcheskaja-harakteristika-i-veterinarno-sanitarnaja-jekspertiza.html

4. Сергейчик, С. А. Товароведно-экспертная оценка качества меда натурального / С. А. Сергейчик // Вестник белорусского государственного экономического университета. – № 6 (137). – 2019. – С. 55-56.– URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42399493

5. Лазарева И. С. Сравнительная характеристика показателей качества меда из разных регионов / И. С. Лазарева, М. В. Лазарева // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса. Сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского государственного аграрного университета. – 2018. – С. 94-97.– URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36304949

7. Абдулгазина, Н. М. Зависимость медосборной активности пчел и качества меда от породы медоносных пчел / Н. М. Абдулгазина, Ф. Г. Юмагужин

// Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1 (33). – С. 42-44.– URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23478255

8. Меньшикова, З. Н. Сравнительная ветеринарно-санитарная оценка качества меда из различных регионов российской федерации / З. Н. Меньшикова З.Н., В.А. Толмачева В.А. // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2016. – № 6. – С. 37-42. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26210910

9. Русакова, Т. М. Изменение кислотности меда при хранении / Т. М. Русакова, С. Н. Акимова // Пчеловодство. – 2015. - № 4. – С. 50-52.

10. Vinogradov,D.V. Features of using modern multicomponent liquid fertilizers in white mustard agrocoenosis / D.V.Vinogradov, E.A.Vysotskaya, K.V.Naumtseva, E.I. Lupova//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.–2020.–№422(1).–012014.– URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/422/1/012014

11. Gonzaga, L. V. Stability of brazilianapismellifera l. Honey during prolonged storage: physicochemical parameters and bioactive compounds / L. V. Gonzaga, F. C. Biluca, M. Schulz, A. C. Oliveira Costa, R. Fett, L. Vitali, G. A. Micke // LWT – Food Science and Technology. – 2020. – Т. 129. – С. 109-521.– URL: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109521

12.Serebryakova, O.V. Major factors determining accumulation of toxic elements by bees and honey products / O.V. Serebryakova, E.A. Murashova, G.M. Tunikov, S.A. Nefedova, O.A. Karelina, N.G. Byshova // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Т. 11.– № 3.– С. 11A03N.– URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41706797

13. Bogdanov, S. The Wonders of the Bee Hexagon: the Bee Products / S.Bogdanov. –Bee Product Science, 2017. – 110 с.– URL: https://popravko.com/about/PropolisBook1.pdf

14. OtaKan'ichiro, M. The Immunostimulatory Effects and Chemical Characteristics of Heated Honey / M. OtaKan'ichiro, IshiuchiXinXuMasaaki, MinamiYasutakaNagachi // Journal of Ethnopharmacology. – 2018. – P. 378-741. – URL: DOI: 10.1016 / j.jep.2018.09.019.

15. Vickery, L.Arcus. Enzyme evolution and the temperature dependence of enzyme catalysis / Vickery L Arcus, Marc van der Kamp, Christopher R Pudney, Adrian J Mulholland // Current Opinion in Structural Biology. – № 6(5). – 2020. – Т. 96-101.– URL: DOI: 10.1016 / j.sbi.2020.06.001.

16.Галяутдинова, Г.Г. Антибиотики и пестициды в меде: пути попадания и методы определения / Г.Г.Галяутдинова, В.И.Егоров, П.А.Гуревич, М.Ф.Писцов // Пчеловодство. – 2020. – № 8. – С. 46-48. – URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44047007

17. Ulivanova, G. Analysis of consequences of the relationship between man, nature and technology in the context of technogenesis intellectualization / G.Ulivanova, O.Fedosova, G.Glotova, O.Antoshina, A. Fetisova//E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad».–2020.– Vol. 222.–05008. – URL: DOI:10.1051/e3sconf/202022205008

18. Kondakova, I. Causes of diseases of the digestive system of the young cattle / I.Kondakova, E.Vologzhanina, J.Lomova, N. Kryuchkova//E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad».–2020.– Vol. 222.–02013. –URL: DOI:10.1051/e3sconf/202022202013

19. Кулдашева, Ф.Х. Физико-химические показатели медов Ташкентской области / Ф.Х.Кулдашева, О.С.Тураев // Пчеловодство. – 2021. – № 1. – С. 62-63. – URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44680663

THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL FACTORS OF HONEY ON ITS ADDITIONAL QUALITATIVE INDICATORS

Murashova Elena A., *Candidate of Agricultural Science, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, murashova.36@mail.ru*

Fedosova Olga A., *Candidate of Biological Science, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, fedosowa1986@mail.ru*

Serebryakova Oksana V., *Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Beekeeping", oksana.sazonova.94@mail.ru*

Problem and purpose. *The aim of the work was to study the impact of technological factors of honey on pH and electrical conductivity.*

Methodology. *The research was carried out in the testing laboratory of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Beekeeping". To determine pH and electrical conductivity of honey of different botanical origin, samples were collected and examined. To carry out a comparative analysis of the studied indicators in natural and falsified honey samples, which were obtained when feeding bees with sugar syrup, invert syrup, starch syrup, beet syrup. Control and experimental samples were harvested in tenfold repetition.*

Results. *Based on the studies, it was revealed that the lowest (acidic) pH value was found in acacia honey, which averaged 2.8 pH units. Chestnut honey had a value of 4.7 pH units. Honey from honeydew raw materials*

was characterized by a less acidic environment than the rest, having on average 5.3 pH units. The highest electrical conductivity was possessed by honeydew honey (0.7 mS/cm) and chestnut honey (0.6 mS/cm). Honey from sugar syrup had the most acidic pH among counterfeits (2.1 pH units). Alkaline pH was found in honey from beet syrup (7.9 pH units). The lowest electrical conductivity was found in honey from sugar syrup (0.1 mS/cm). The starch-based counterfeit had the highest electrical conductivity (0.8 mS/cm).

Conclusion. *In the course of the study, it was reliably established that the indicator of the concentration of hydrogen ions in honey was dependent on the botanical origin of honey, or the type of honey. Electrical conductivity had a linear dependence on the origin of honey. The hydrogen index and electrical conductivity of natural honey and counterfeit products differed in values. PH and conductivity measurements can reflect honey falsifying.*

Key words: *natural honey, falsified honey, electrical conductivity, pH, botanical origin.*

Literanura

1. Burmistrova, L. A. O bezopasnosti myoda na Rossijskom rynke / L. A. Burmistrova, M. N. Haritonova // Pchelovodstvo. – 2017. – № 6. – S. 50-51.– URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29853308

2. Hel'mut, H. Vse o mede: Obrabotka meda / H. Horn, K. Lyull'man. – M.: Astrel', 2015. – 316 s.– URL:http://www.cnshb.ru/Vexhib/honey/11_2415.pdf

3. Pimenov, M. YU. Med. Tovarovedcheskaya harakteristika i veterinarno-sanitarnaya ekspertiza / M. YU. Pimenov. – M.: «Akvarium», 2015. – 146 s.– URL:https://knigi-fermeru.ru/mjod-tovarovedcheskaja-harakteristika-i-veterinarno-sanitarnaja-jekspertiza.html

4. Sergejchik, S. A. Tovarovedno-ekspertnaya ocenka kachestva meda natural'nogo / S. A. Sergejchik // Vestnik belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. – № 6 (137). – 2019. – S. 55-56.– URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42399493

5. Lazareva I. S. Sravnitel'naya harakteristika pokazatelej kachestva meda iz raznyh regionov / I. S. Lazareva, M. V. Lazareva // Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik trudov nauchno-prakticheskoj konferencii prepodavatelej, aspirantov, magistrantov i studentov Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – S. 94-97.– URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36304949

7. Abdulgazina, N. M. Zavisimost' medosbornoj aktivnosti pchel i kachestva meda ot porody medonosnyh pchel / N. M. Abdulgazina, F. G. YUmaguzhin // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 1 (33). – S. 42-44.– URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23478255

8. Men'shikova, Z. N. Sravnitel'naya veterinarno-sanitarnaya ocenka kachestva meda iz razlichnyh regionov rossijskoj federacii / Z. N. Men'shikova Z.N., V.A. Tolmacheva V.A. // Veterinariya, zootekhniya i biotekhnologiya. – 2016. – № 6. – S. 37-42. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26210910

9. Rusakova, T. M. Izmenenie kislotnosti meda pri hranenii / T. M. Rusakova, S. N. Akimova // Pchelovodstvo. – 2015. - № 4. – S. 50-52.

10. Vinogradov,D.V. Features of using modern multicomponent liquid fertilizers in white mustard agrocoenosis / D.V.Vinogradov, E.A.Vysotskaya, K.V.Naumtseva, E.I. Lupova//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.–2020.–№422(1).– 012014.– URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/422/1/012014

11. Gonzaga, L. V. Stability of brazilianapismellifera l. Honey during prolonged storage: physicochemical parameters and bioactive compounds / L. V. Gonzaga, F. C. Biluca, M. Schulz, A. C. Oliveira Costa, R. Fett, L. Vitali, G. A. Micke // LWT – Food Science and Technology. – 2020. – T. 129. – S. 109-521.– URL: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109521

12.Serebryakova, O.V. Major factors determining accumulation of toxic elements by bees and honey products / O.V. Serebryakova, E.A. Murashova, G.M. Tunikov, S.A. Nefedova, O.A. Karelina, N.G. Byshova // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – T. 11.– № 3.– S. 11A03N.– URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41706797

13. Bogdanov, S. The Wonders of the Bee Hexagon: the Bee Products / S.Bogdanov. –Bee Product Science, 2017. – 110 s.– URL: https://popravko.com/about/PropolisBook1.pdf

14. OtaKan'ichiro, M. The Immunostimulatory Effects and Chemical Characteristics of Heated Honey / M. OtaKan'ichiro, IshiuchiXinXuMasaaki, MinamiYasutakaNagachi // Journal of Ethnopharmacology. – 2018. – R. 378-741. – URL: DOI: 10.1016 / j.jep.2018.09.019.

15. Vickery, L.Arcus. Enzyme evolution and the temperature dependence of enzyme catalysis / Vickery L Arcus, Marc van der Kamp, Christopher R Pudney, Adrian J Mulholland // Current Opinion in Structural Biology. – № 6(5). – 2020. – T. 96-101.– URL: DOI: 10.1016 / j.sbi.2020.06.001.

16.Galyautdinova, G.G. Antibiotiki i pesticidy v mede: puti popadaniya i metody opredeleniya / G.G.Galyautdinova, V.I.Egorov, P.A.Gurevich, M.F.Piscov // Pchelovodstvo. – 2020. – № 8. – S. 46-48. – URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44047007

17. Ulivanova, G. Analysis of consequences of the relationship between man, nature and technology in the context of technogenesis intellectualization / G.Ulivanova, O.Fedosova, G.Glotova, O.Antoshina, A. Fetisova// E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad».–2020.– Vol. 222.–05008. – URL: DOI:10.1051/e3sconf/202022205008

18. Kondakova, I. Causes of diseases of the digestive system of the young cattle / I.Kondakova,

E.Vologzhanina, J.Lomova, N. Kryuchkova//E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad».–2020.– Vol. 222.–02013. –URL: DOI:10.1051/e3sconf/202022202013

19. Kuldasheva, F.H. Fiziko-himicheskie pokazateli medov Tashkentskoj oblasti / F.H.Kuldasheva, O.S.Turaev // Pchelovodstvo. – 2021. – № 1. – S. 62-63. – URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44680663

УДК 636.2:636.082.11

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.007

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФНЫХ ГЕНОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ

ТЮЛЕБАЕВ Саясат Джакслыкович, *д-р с.-х. наук, профессор, зав. отделом разведения мясного скота, s-tyulebaev@mail.ru*

КАДЫШЕВА Марват Дусангалиевна, *канд. с.-х. наук, ст. научн. сотрудник отдела разведения мясного скота,aliya_ishamanova@mail.ru*

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

Проблема и цель. *Целью данной работы являлось генотипирование животных по генам CAST и CAPN1 с выявлением частот генотипов и аллелей, а также тестирование продукции этих животных, выраженное в оценке выдержанного в течение 8 суток мяса, на показатели, составляющие нежность, сочность, органолептическую оценку вкуса.*

Методология. *Объектом исследований являлись бычки кроссов брединского мясного типа симменталов, полученные от использования выдающихся быков-производителей канадских мясных симменталов на отечественных матках различных линий. Для осуществления полимеразной цепной реакции (ПЦР) по тиражированию участка генома, составляющего ген CAPN1316 и ген CAST2857, использовались праймеры, найденные в открытой печати и синтезированные в фирме «Синтол». Проводилась оценка мяса на нежность (сопротивление усилию на разрез прибором Уорнера-Братцлера + органолептическая оценка варёного и жареного мяса), сочность (p/h, с использованием прокалывающего электрода LoT406-M6-DXK-S7/25 + влагоудерживающая способность).*

Результаты. *В результате показатели мяса бычков, имеющих сочетание генотипов TT* по CAST и CC* по CAPN1, имели превосходство над средними показателями общей выборки (P< 0,001); а также над имеющей наибольшее распространение в выборке группой животных с желательным генотипом CC по гену CAPN1 на 1,22 балла или 15,4 % (P< 0,01) по нежности; на 1,44 балла или 18,2 % (P< 0,05) по сочности; на 1,56 балла или 19,2 % (P< 0,001) по вкусу.*

Заключение. *Таким образом, исследования подтвердили влияние полиморфного состояния гомозиготы CC гена CAPN1 само по себе, а также генов CAST и CAPN1 на нежность говядины в той её части, когда сочетание генотипов TT в гене CAST и CC в гене CAPN1 даёт положительный эффект по нежности говядины, вероятно связанный с активизацией деятельности μ-кальпаина в связи с ослаблением влияния кальпастатина как ингибитора на μ-кальпаин.*

Ключевые слова: *крупный рогатый скот, симменталы, генотип, частота аллелей, ген, качество говядины, кальпаин, кальпастатин, сенсорная чувствительность*

Введение

Россия по территории является первой в мире, занимая 1/6 часть суши планеты. Огромные площади пастбищных земель – потенциал для производства мяса. В то же время собственное производство говядины составляет всего 1,7-1,9 млн тонн, то есть в 2,5 раза меньше необходимого [1,2]. При этом говядина традиционно является предпочтительнее других видов мяса для российского обывателя, для подавляющего большинства народов России. Но самым главным преимуществом крупного рогатого скота является то, что производство высококачественного красного мяса, особенно у мясных пород, осуществляется с минимальными, по сравнению с птицеводством и свиноводством, затратами стратегически важных в питании человека зерновых культур. Разведение животных мясных пород скота в различных природно-экономических зонах РФ, их способность перерабатывать солому зерновых и другие грубые корма, помогать экологическому восстановлению залежных земель могут быть с успехом использованы для создания производственной структуры в отдалённых сельскохозяйственных районах, с созданием рабочих мест и социальной инфраструктуры, с восстановлением разрушен-

© Тюлебаев С. Д., Кадышева М. Д., 2021 г.

ных хуторов, деревень и посёлков, не говоря уже о создании экспортного потенциала говядины в стране.

Это возможно только при наличии пород и типов мясного скота с высокими потенциальными показателями продуктивности и качества говядины, приспособленных к тем или иным климатическим поясам, на которые так богата Россия [3,4,5]. Вопросы создания новых селекционных достижений и совершенствования существующих на заданные качественные и количественные показатели продуктивности в последние годы смещаются в плоскость использования инновационных, фундаментальных областей знаний, которые могут значительно повысить эффективность селекции. К таким достижениям относится расшифровка генома биологических объектов [6,7], в том числе и сельскохозяйственных животных, и связанный с этим поиск ассоциации генов с хозяйственно-полезными признаками животных. Использование достижений в области молекулярной генетики при разведении мясного скота набирает темпы в разных странах мира [8,9]. Особенно это касается качества мяса, в том числе и говядины. Так, например, с 1996 года, когда впервые были представлены данные о влиянии продуктов экспрессии генов CAPN1 (μ-кальпаин – активированная кальцием нейтральная протеаза) и CAST (кальпастатин – ингибитор μ-кальпаина) на показатели нежности мяса, это направление быстро развивается [10].

Постановка проблемы

В наших исследованиях на мясных симменталах при создании кроссов линии мы добились определённых успехов (11-15). Наилучшие результаты по абсолютным показателям роста животных, массы туши в возрасте 15 мес., общего количества съедобной мышечной массы получены от использования на матках брединского мясного типа линии Фараона семени канадского производителя Эксперт (Expert 598604) фирмы «SEMEXALLIANCE». Сочетаемость данного производителя с матками линии Фараона позволила нам предложить данный кросс для использования в производстве индустриальных партнёров. В то же время данных о вкусовых достоинствах мяса и возможности их улучшения у полученного кросса не было. Приняв во внимание установленные ассоциации нежности говядины с наличием полиморфизма по генам (OTL) – CAST и CAPN1 и учитывая противоречивые данные генотипирования разных пород [16], нами была предпринята попытка изучения качества мяса 15-месячных бычков наших кроссов. При этом, учитывая, что μ-кальпаин имеет отношение к ферментативной деградации важнейших белков, представляющих каркас миофибрилл мышечной ткани, что отражается на нежности мяса, можно предположить, что это ферментативное разрушение белков может оказывать влияние и на такие важнейшие показатели как вкус и сочность выдержанного мяса, гистологический рисунок миофибрилл.

Материалы и методы

В комплекс задач, включающий исследования мясной продуктивности, интерьерных особенностей бычков входило определение качества мяса, в том числе сочности, нежности и вкуса говядины. Объектом исследований явились бычки – кросс, полученный от использования семени канадского быка-производителя Эксперт (Expert 598604) фирмы «SEMEXALLIANCE» на матках брединского мясного типа линии Фараона, принадлежащие ООО «Совместное хозяйствование Брединский». При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и количество используемых образцов, согласно инструкциям и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guidefor Careand Useof Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)».

Отобранные бычки (n=84) содержались до 15-месячного возраста на рационах, предусматривающих среднесуточный прирост живой массы 1000-1200 г, состоящий из сена злаково-бобовых – 20 %, злаково-бобового зерно-сенажа – 45 % и смеси концентрированных кормов – 35 %. Перед убоем в возрасте 15 мес. у животных была взята кровь, в том числе и на генетические исследования. Для этого у каждого бычка были взяты пробы крови в вакуумные пробирки с антикоагулянтом ЭДТА. Кровь была экстренно транспортирована в генетическую лабораторию Испытательного центра ЦКП БСТ РАН (аттестат аккредитации RA.RU.21ПФ59 от 12.10.2015; www.цкп-бст.рф; http://ckp-rf.ru/ckp/77384), где немедленно из крови была выделена ДНК с использованием набора реагентов «ДНК-Экстран 1» («Синтол», Россия). Для этого в кровь добавлялись реагенты из набора и биологический субстрат подвергался лизису. В готовый лизат добавляли РНКазу А и раствор для осаждения белков, после чего смесь центрифугировали и жидкий надосадочный слой извлекался и помещался в пробирку, куда добавлялся изопропиловый спирт, после чего ДНК выпадал в осадок. В таком состоянии ДНК можно было замораживать до 20 ºС и хранить до проведения генетических исследований. Для генотипирования использовался программируемый амплификатор АНК-32 («Синтол», Россия). Для осуществления полимеразной цепной реакции (ПЦР) по тиражированию участка генома, составляющего ген CAPN1316 (GenBankaccession №. AF248054), использовались праймеры, найденные в открытой печати и синтезированные в фирме «Синтол»:

5’-AGCAGCCCACCATCAGAGAAA – 3’

5’- TCAGCTGGTTCGGCAGAT – 3’

ПЦР в реальном времени по гену CAST в положении 2857 C/T (GenBankaccession № AF159246) проводился с использованием следующих прямого и обратного праймеров:

5'- ACATTCTCCCCACAGTGCC-3'

5'-GACAGA GTCTGCGTTTTGCTC-3'

Условия проводимой реакции по температуре и времени первоначальной денатурации, денатурации, отжигу, синтезу и завершающему синтезу, а также объёму и составу используемой реакцион-

ной смеси, осуществлялись согласно инструкции производителя. Для оценки соответствия равновесию Харди-Вайнберга и для сравнения частот генотипов и аллелей использовались стандартные формулы. Частоту встречаемости генотипов определяли по формуле:

$$P_i = n_i / N$$

где *Pi* – частота встречаемости i-го генотипа;

ni – число животных, характеризующихся наличием i-го генотипа;

N – общее число животных в выборке.

Частоту аллелей анализируемых генов подсчи-

$$p_i = 2n_{(гомозиготы)} + n_{(гетерозиготы)} / 2N$$

гдеpi – частота встречаемости i-го аллеля; n – количество животных гомо- и гетерозигот; N – общее число животных в выборке.

Убой бычков проводился в возрасте 15 месяцев. Из правой полутуши после 24-часовой выдержки в области 9-11 ребер вырезалась проба длиннейшей мышцы спины (1 кг) *longissimusthoracis* (LT) и в вакуумной упаковке помещалась в холодильную камеру на хранение при температуре 4 ºС. На 8-й день проба извлекалась и проводилась оценка на нежность (сопротивление усилию на разрез прибором Уорнера-Братцлера + органолептическая оценка варёного и жареного мяса), сочность (p/h с использованием прокалывающего электрода LoT406-M6-DXK-S7/25 + влагоудерживающая способность методом измерения процента потери влаги образца после выдержки и после варки + органолептическая оценка варёного и жареного мяса) и вкус (дегустационная оценка варёного и жареного мяса). Все показатели были унифицированы под баллы по 10-балльной системе [17].

Результаты исследований.

Генотипирование по гену CAPN1 (табл. 1) показало высокую степень проявления гомозиготного генотипа CC. Среди 84 голов бычков, у которых были взяты биосубстраты в виде крови, 60 голов, что составляет 71,4 % от всего поголовья, оказались носителями гена нежности, 20 голов или 23,8 % бычков имели гетерозиготу по этому гену и лишь 4 головы (4,8 %) были гомозиготными по генотипу GG. По частотам встречаемости аллелей этого гена, аллель G составляла 0,153 а аллель C – 0,847. Высокая степень наличия аллеля C и в целом генотипа CC по гену CAPN1 предполагает, по данным многих авторов, высокую возможность степени нежности говядины.

Таблица 1 – Частота встречаемости желательных генотипов и частот аллелей гена $CAPN1_{316}$ в микропопуляции животных полученного кросса

Частоты	n	GG		GC		CC*	
Частота встречаемости генотипа, %	84	n	%	n	%	n	%
		4	4,76	20	23,81	60	71,43
Частота аллелей	84	G			C		
		0,167			0,833		

Генотипирование по другому гену – CAST, который также (но не столь однозначно) связывают с нежностью говядины, ассоциируемой с гомозиготным состоянием аллеля T, показало, что желательный генотип гена CAST в микропопуляции полученного кросса, обозначенный символом TT проявился, в отличие от его предшественника, незначительно (табл. 2). Лишь 7,1 % от их общего количества имели данный генотип, тогда как особей с гетерозиготной составляющей –15,5 % – было в два раза больше. Больше всего оказалось носителей нейтральной гомозиготы CC, связанной с экспрессией кальпастатина, а именно 65 голов бычков, что составляет 77,4 % от всей выборки.

Таблица 2 – Частота встречаемости желательных генотипов и частот аллелей гена $CAST_{2857}$ в микропопуляции животных полученного кросса

Частоты	n	CC		CT		TT*	
Частоты встречаемости генотипа, %	84	n	%	n	%	n	%
		65	77.38	13	15.48	6	7.14
Частота аллелей	84	C			T		
		0,851			0,149		

При изучении таких фенотипических признаков качества мяса как p/h и влагоудерживающая способность мяса достоверных результатов генотипирования не получено (данные не представлены), также не представлены результаты статистической обработки материала генотипов, имеющих в выборке менее трех животных, хотя для обозначения тенденции показаны абсолютные результаты. Подкрепление полученных результатов методами сенсорными (органолептическими) – неотъемлемая часть современных методов изучения вкусовых достоинств мяса.

В таблице 3 представлены результаты объединённой балльной оценки нежности, сочности и вкуса говядины в зависимости от сочетания генотипов по генам CAST и CAPN1. Следует отметить, что в наших исследованиях желательный гомозиготный генотип TT* гена CAST не получил достоверного подтверждения по ассоциации с признаком нежности говядины, также не выявлены ассоциации с такими показателями как сочность и вкус выдержанного 8 дней мяса.

Таблица 3 – Степень ассоциации полиморфных состояний генов CAPN1 и CAST с комплексом показателей нежности, сочности и вкусовых достоинств говядины бычков полученного кросса (n=84)

Генотип по генам		Доля генотипов в выборке, %	Средний балл по качественным показателям мяса			Общий средний балл
CAST	CAPN1		нежность	сочность	вкус	
CC	GG	2.4	6.50	6.00	6.50	19.00
CC	GC	10.7	6.11±0.31	5.78±0.22	6.00±0.24	17.89
CC	CC*	64.2	8.11±0.15	7.89±0.12	8.11±0.14	24.11
CT	GC	10.7	7.11±0.35	6.67±0.29	7.33±0.50	21.11
CT	CC*	3.6	8.00±0.58	8.00±0.58	8.67±0.33	24.67
CT	GG	1.2	7.00	5.00	6.00	18.00
TT*	GG	1.2	6.00	6.00	6.00	18.00
TT*	CC*	3.6	9.33±0.33	9.33±0.67	9.67±0.33	28.33
TT*	GC	2.4	7.50	7.00	7.00	21.50

* – желательные генотипы по генам CAST и CAPN1

В то же время высокие показатели отмечены по всему спектру вкусовых достоинств мяса, вне зависимости от сочетаний генотипов по генам CAST и CAPN1, у животных, имеющих генотип CC по гену CAPN1. Их превосходство над другими генотипами составило: по нежности – 1,5 балла (22,5 %), сочности – 1,64 балла (25,9 %), дегустационной оценке вкуса – 1,51 балла (22,5 %) (P< 0,01). Все показатели мяса бычков, имеющих сочетание генотипов TT* по CAST и CC* по CAPN1, имели превосходство над средними показателями общей выборки по 3-му порогу достоверности (P< 0,001), а также над имеющим наибольшее распространение в выборке животных (n=54), имеющих сочетание генотипов по CAST (CC) и по CAPN1 (CC*) на 1,22 балла или 15.4 % (P< 0,01) по нежности, на 1,44 балла или 18,2 % (P< 0,05) по сочности, на 1,56 балла или 19.2 % (P< 0,001) по вкусу. Учитывая, что вкусовые достоинства мяса зависят от совокупности отдельных качеств, таких как нежность, сочность, непосредственно вкус и запах и их сочетания, существует высокая взаимозависимость этих качеств. В наших исследованиях наибольшая коррелятивная зависимость установлена между органолептической оценкой вкуса и общей суммой баллов за вкусовые достоинства (r = 0,90), сочностью и общей суммой баллов (r = 0,86), нежностью и общей суммой баллов (r = 0,76), сочностью и вкусом (r = 0,78). Несколько меньшая, но устойчивая корреляция (P< 0,01) установлена между нежностью и органолептической оценкой вкуса (r = 0,48), нежностью и сочностью (r = 0,40).

Обсуждение полученных результатов

В последние годы появилось множество работ, связанных с подтверждением ассоциации полиморфных состоянии генов CAST и CAPN1с нежностью мяса различных пород крупного рогатого скота в различных зонах нашей планеты. Несмотря на наличие неоднозначных выводов, большинство работ подтверждают существование такой связи [18,19]. Мало того, появилось много работ, направленных на поиск новых ассоциаций этих генов с признаками продуктивности животных [20,21]. В этом плане результаты, полученные в наших экспериментах, согласуются с данными многих авторов.

Заключение

Наши исследования подтвердили влияние полиморфного состояния гомозиготы CC гена CAPN1 само по себе, а также генов CAST и CAPN1 на нежность говядины в той её части, когда сочетание генотипов TT в гене CAST и CC в гене CAPN1 даёт положительный эффект по нежности говядины, вероятно связанный с активизацией деятельности μ-кальпаина в связи с ослаблением влияния кальпастатина как ингибитора на μ-кальпаин, в результате чего ферментативное действие на миофибриллярные белки приобретает иную интенсивность, а возможно и иное проявление. Кроме того, мы результатами наших опытов показали, что это может служить причиной иной сенсорной чувствительности по вкусу приготовленных образцов, нежности и сочности мяса.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2023 гг. ФГБНУФНЦБСТРАН (№ 0526-2021-0001

Список литературы

1. Калякина, Р.Г Линейный рост бычков казахской белоголовой породы и ее помесей с герефордами и особенности экстерьера/ Р.Г. Калякина, И.Р. Газеев // В сборнике: Актуальные проблемы животноводства в условиях импортозамещения. 2018. С. 243-247. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=350438732.

2. Cook R 2019 World Beef Production: Ranking Of Countries Beef market central 10 87 URL: https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic

3.. Первый племзавод по разведению "брединского мясного" типа симменталов/ Каюмов Ф.Г., Канатпаев С.М. и др // Вестник мясного скотоводства.– 2008. –Т. 1.– № 61. –С. 117-119. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15114053

4. Косилов, В.И. Мясная продуктивность быч-

ков симментальской породы и её двух-, трёхпородных помесей с голштинами, немецкой пятнистой и лимузинами/ В.И. Косилов, Н.К.Комарова, С.И. Мироненко, Е.А. Никонова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (33). С. 119-122. DOI: 10.37670

5. Зырянова, И.А.Эффективность скрещивания крупного рогатого скота как фактор увеличения мясной продуктивности/ И.А. Зырянова, Е.А.Никонова, Р.Г. Калякина// В сборнике: Устойчивое развитие территорий: теория и практика. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 56-58. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36851078

6. Terletsky V P, Tyshchenko V I, Novikova I I et al. 2016 An efficient method for genetic certification of bacillus subtilis strains, prospective producers of biopreparationsMicrobiology. 85 (1) 71-76.DOI: 10.1134/S0026261716010136

7. Габидулин, В.М. Влияние полиморфизма гена тиреоглобуллина (TG5) на продуктивность стада мясного скота в ООО "Суерь" абердин-ангусской породы австралийской селекции в зоне Зауралья/ . В.М. Габидулин, С.А. Алимова, М.В. Тарасов // Вестник мясного скотоводства. 2016. № 3 (95). С. 21-26. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27125444

8. Singh U, Deb R, et. al. 2014Molecular markers and their applications in cattle genetic research: A review Biomarkers and Genomic Medicine 649-58. doi.org/10.1016/j.bgm.2014.03.001

9. Kayumov F G, Shevkhuzhev A F, Ilina E N, et al. 2018 Morpho-functional characteristics of the biceps femoris in the cattle of "Voznesenovskiy" pedigree type of the Kalmyk breed Morphology153 (3) 133. URL: https://dep_anatom.pnzgu.ru/files/dep_anatom.pnzgu.ru/conference/morfologiya_2018_03.pdf

10. KoohmaraieM 1996 Biochemical Factors Regulating the Toughening Tenderization Processes of Meat Meat Science 43 S1:193-201. URL: doi.org/10.1016/0309-1740(96)00065-4

11. Каюмов, Ф.Г. Селекционно-генетические параметры продуктивности молодняка при создании симменталов мясного типа/ Ф.Г. Каюмов, М.Д. Кадышева, С.Д. Тюлебаев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 3 (31). С. 151-153. DOI: 10.37670

12. Кочетков, А.А.Качество мяса крупного рогатого скота различных генотипов/ А.А. Кочетков, Ф.Г. Каюмов, С.Д. Тюлебаев, А.Б. Карсакбаев // Все о мясе. 2010. № 2. С. 44-45. DOI: 10.21323/2071-2499

13. Новикова, Н.В.Использование комбинационной изменчивости в повышении мясной продуктивности телок/ Н.В. Новикова, С.М. Канатпаев, С.Д. Тюлебаев, С.И. Кононенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2010. № 25. С. 131-134.DOI: 10.21515

14. Кадышева М.Д. Основные показатели мясной продуктивности телок разных генотипов симментальской породы/М.Д. Кадышева // Зоотехния. 2015. № 5. С. 24-26. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23399183

15. Литовченко, В.Г.Убойные показатели и промеры туши подопытных тёлок/ В.Г. Литовченко, С.Д.Тюлебаев, М.Д. Кадышева, В.М. Габидулин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (42). С. 119-121. URL: DOI: 10.37670

16. Schenkel, F S; Miller, S P; Jiang, Z; Mandell, I B; et. al.2006Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle1 Journal of Animal Science84 (3) 291. DOI: 10.2527 / 2006.842291x

17. O'Sullivan M G , Kerry J P and Byrne D V 2011 Use of sensory science as a practical commercial tool in the development of consumer-led processed meat products Processed Meats, 10 (1533) 156-182. doi.org/10.1533/9780857092946.1.156

18. Allais S, Journaux L, Leveziel H et. al. 2011 Effects of polymorphisms in the calpastatin and mucalpain genes on meat tenderness in 3 French beef breeds J. Anim. Sci. 89 1–11.DOI: 10.2527 / jas.2010-3063.

19. Ankeny RA 2003 Sequencing the genome from nematode to human: changing methods, changing science". Endeavour27 (2): 87–92. DOI: 10.1016 / s0160-9327 (03) 00061-9

20. Freilich J E, Emlen J M, Duda J J, Freeman D C, Cafaro P J 2003 Ecological Effects of Ranching: A Six-Point Critique Bio Science 53 (8) 759 – 765. doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0759:EEORAS impression2.0.CO;2

21. Ekerljung Li, Lundstrom X M, Lunden K A 2013 Association of polymorphisms at DGAT1, leptin, SCD1, CAPN1 and CAST genes with color, marbling and water holding capacity in meat from beef cattle populations in Sweden Meat Sci. 94 153–158.DOI: 10.1016 / j.meatsci.2013.01.010

INFLUENCE OF POLYMORPHIC GENES ON QUALITATIVE INDICATORS OF MEAT PRODUCTS

Tyulebaev Sayasat D., *Doctor of Agricultural Sciences, professor, head of beef cattle breeding department, s-tyulebaev@mail.ru*

Kadysheva Marvat D., *Senior Researcher of Beef Cattle Breeding Department, aliya_ishamanova@mail.ru*

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences"

Problem and purpose.*The aim of this work was to genotype animals for the CAST and CAPN1 genes with identifying the frequencies of genotypes and alleles, as well as testing the products of these animals, expressed in assessing meat aged for 8 days, for indicators that make up tenderness, juiciness, and organoleptic taste assessment.*

Methodology. *The object of research was the bulls of the breeds of the Bredy meat type of simmentals obtained from the use of outstanding bulls-producers of Canadian meat simmentals on domestic females of various lines. To carry out the polymerase chain reaction (PCR) for replicating a region of the genome constituting the CAPN1316 gene and the CAST2857 gene, primers found in the open press and synthesized by Syntol were used. The meat was evaluated for tenderness (resistance to cutting force with a Warner-Bratzler device + sensory evaluation of cooked and fried meat), juiciness (p/h, using a piercing electrode LoT406-M6-DXK-S7/25 + water-holding capacity).*

Results. *As a result, the meat indicators of bulls with a combination of TT * genotypes for CAST and CC * for CAPN1 were superior over the average indicators of the total sample (P <0.001), as well as over the most common group of animals in the sample with the desired CC genotype for the CAPN1 gene by 1.22 points or 15.4% (P <0.01) for tenderness, 1.44 points or 18.2% (P <0.05) for juiciness, 1.56 points or 19.2% (P <0.001) for taste.*

Conclusion. *Thus, the studies have confirmed the influence of the polymorphic state of the CC homozygote of the CAPN1 gene itself, as well as of the CAST and CAPN1 genes, on the tenderness of beef in that part of it when the combination of TT genotypes in the CAST gene and CC in the CAPN1 gene has a positive effect on the tenderness of beef, probably associated with the activation of the activity of μ-calpain due to the weakening of the effect of calpastatin as an inhibitor on μ-calpain.*

Key words: *cattle, simmentals, genotype, allele frequency, gene, beef quality, calpain, calpastatin, sensory sensitivity.*

Literatura

1.Kalyakina R.G., Gazeev I.R. Linejnyj rost bychkov kazahskoj belogolovoj porody i ee pomesej s gerefordami i osobennosti ekster'era // V sbornike: Aktual'nye problemy zhivotnovodstva v usloviyah importozameshcheniya. 2018. S. 243-247. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=350438732. Cook R 2019 World Beef Production: Ranking Of Countries Beef market central 10 87 URL: https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic

3. Kayumov F.G., Kanatpaev S.M. i dr. Pervyj plemzavod po razvedeniyu "bredinskogo myasnogo" tipa simmentalov // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2008. T. 1. № 61. S. 117-119. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15114053

4. Kosilov V.I., Komarova N.K., Mironenko S.I., Nikonova E.A. Myasnaya produktivnost' bychkov simmental'skoj porody i eyo dvuh-, tryohporodnyh pomesej s golshtinami, nemeckoj pyatnistoj i limuzinami // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 1 (33). S. 119-122. DOI: 10.37670

5. Zyryanova I.A., Nikonova E.A., Kalyakina R.G. Effektivnost' skreshchivaniya krupnogo rogatogo skota kak faktor uvelicheniya myasnoj produktivnosti // V sbornike: Ustojchivoe razvitie territorij: teoriya i praktika. Materialy IX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2018. S. 56-58. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36851078

6. Terletsky V P, Tyshchenko V I, Novikova I I et al. 2016 An efficient method for genetic certification of bacillus subtilis strains, prospective producers of biopreparationsMicrobiology. 85 (1) 71-76.DOI: 10.1134/S0026261716010136

7. Gabidulin V.M., Alimova S.A., Tarasov M.V. Vliyanie polimorfizma gena tireoglobullina (TG5) na produktivnost' stada myasnogo skota v OOO "Suer'" aberdin-angusskoj porody avstralijskoj selekcii v zone Zaural'ya // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2016. № 3 (95). S. 21-26. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27125444

8. Singh U, Deb R, et. al. 2014Molecular markers and their applications in cattle genetic research: A review Biomarkers and Genomic Medicine 649-58.doi.org/10.1016/j.bgm.2014.03.001

9. Kayumov F G, Shevkhuzhev A F, Ilina E N, et al. 2018 Morpho-functional characteristics of the biceps femoris in the cattle of "Voznesenovskiy" pedigree type of the Kalmyk breed Morphology153 (3) 133. URL: https://dep_anatom.pnzgu.ru/files/dep_anatom.pnzgu.ru/conference/morfologiya_2018_03.pdf

10. KoohmaraieM 1996 Biochemical Factors Regulating the Toughening Tenderization Processes of Meat Meat Science 43 S1:193-201. URL: doi.org/10.1016/0309-1740(96)00065-4

11. Kayumov F.G., Kadysheva M.D., Tyulebaev S.D. Selekcionno-geneticheskie parametry produktivnosti molodnyaka pri sozdanii simmentalov myasnogo tipa // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 3 (31). S. 151-153. DOI: 10.37670

12. Kochetkov A.A., Kayumov F.G., Tyulebaev S.D., Karsakbaev A.B. Kachestvo myasa krupnogo rogatogo skota razlichnyh genotipov // Vse o myase. 2010. № 2. S. 44-45. DOI: 10.21323/2071-2499

13. Novikova N.V., Kanatpaev S.M., Tyulebaev S.D., Kononenko S.I. Ispol'zovanie kombinacionnoj izmenchivosti v povyshenii myasnoj produktivnosti telok // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. № 25. S. 131-134.DOI: 10.21515

14. Kadysheva M.D. Osnovnye pokazateli myasnoj produktivnosti telok raznyh genotipov simmental'skoj porody // Zootekhniya. 2015. № 5. S. 24-26. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23399183

15. Litovchenko V.G., Tyulebaev S.D., Kadysheva M.D., Gabidulin V.M. Ubojnye pokazateli i promery tushi podopytnyh tyolok // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 4 (42). S. 119-121. URL: DOI: 10.37670

16. Schenkel, F S; Miller, S P; Jiang, Z; Mandell, I B; et. al.2006Association of a single nucleotide

polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle1 Journal of Animal Science84 (3) 291. DOI: 10.2527 / 2006.842291x

17. O'Sullivan M G , Kerry J P and Byrne D V 2011 Use of sensory science as a practical commercial tool in the development of consumer-led processed meat products Processed Meats, 10 (1533) 156-182. doi.org/10.1533/9780857092946.1.156

18. Allais S, Journaux L, Leveziel H et. al. 2011 Effects of polymorphisms in the calpastatin and mu-calpain genes on meat tenderness in 3 French beef breeds J. Anim. Sci. 89 1–11.DOI: 10.2527 / jas.2010-3063.

19. Ankeny RA 2003 Sequencing the genome from nematode to human: changing methods, changing science". Endeavour27 (2): 87–92. DOI: 10.1016 / s0160-9327 (03) 00061-9

20. Freilich J E, Emlen J M, Duda J J, Freeman D C, Cafaro P J 2003 Ecological Effects of Ranching: A Six-Point Critique Bio Science 53 (8) 759 – 765. doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0759:EEORAS impression2.0.CO;2

21. Ekerljung Li, Lundstrom X M, Lunden K A 2013 Association of polymorphisms at DGAT1, leptin, SCD1, CAPN1 and CAST genes with color, marbling and water holding capacity in meat from beef cattle populations in Sweden Meat Sci. 94 153–158.DOI: 10.1016 / j.meatsci.2013.01.010

УДК 636.2:636.082.12

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.008

ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ АБЕРДИН-АНГУССКОЙ ПОРОДЫ КРУПНОГО ВЫСОКОРОСЛОГО И МЕЛКОГО КОМПАКТНОГО ТИПА ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ

ШЕВХУЖЕВ Анатолий Фоадович, *д-р с.-х наук, профессор, г. науч. сотрудник, shevkhuzhevaf@yandex.ru*

ПОГОДАЕВ Владимир Аникеевич, *д-р с.-х наук, профессор, г. научн.сотрудник, pogodaev_1954@mail.ru*

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, г. Михайловск

Проблема и цель. *Целью данной работы явилось установление особенностей продуктивности молодняка абердин-ангусской породы крупного высокорослого и мелкого компактного типа телосложения.*

Методология. *Для проведения опыта в ООО «Хаммер» Карачаево-Черкесской Республики из потомства четырех быков крупного и трех быков мелкого типа абердин-ангусской породы было отобрано в каждую двух групп по 14 голов бычков. Отцы бычков первой группы имели более высокий уровень живой массы по сравнению с отцами бычков второй группы (на 80 кг) и отличались от них некоторой высоконогостью, меньшей широкотелостью и массивностью.*

Результаты. *Выращивание молодняка разных типов от отъёма до 18-месячного возраста показало, что бычки крупного типа превосходили бычков мелкого типа по мясной продуктивности, что выразилось в большей скорости роста и лучшей оплате корма приростом живой массы. В 18-месячном возрасте бычки крупного типа достигли массы 442 кг, а мелкого – 413 кг. (P > 0,99). За период от отъёма до полуторалетнего возраста бычки крупного типа затратили на 1 кг прироста 8,1 ЭКЕ., а бычки мелкого типа – 8,4 ЭКЕ. У бычков первой группы была более высокая предубойная масса (на 31,4 кг, P>0,99) и тяжелые туши по сравнению с бычками второй группы (на 28,3 кг, P>0,99). Бычки первой группы, будучи более высоконогими, при убое дали туши с большим содержанием костей (на 4,08кг). В их тушах на 1 кг костей приходилось 4,52 кг мякоти, в то время как в тушах второй группы – 5,03 кг. В целом, при обвалке полутуш первой группы было получено мякоти больше на 9,9 кг (P>0,99).*

Заключение. *Наиболее желательным является крупный высокорослый тип животных, обладающих интенсивным ростом, хорошей оплатой корма и высокой мясной продуктивностью.*

Ключевые слова: *бычки, абердин-ангусская порода, оплата корма, промеры, индексы телосложения, мясная продуктивность, убой, морфологический состав туш.*

Введение

Мясное скотоводство наиболее перспективно и экономически эффективно в районах, где имеются большие площади естественных кормовых угодий, к которым относится и Карачаево-Черкесская республика [1-5]. Здесь можно содержать большие стада мясных коров и выращивать телят на полном подсосе до 7-8-месячного возраста, что в сочетании с интенсивным откормом и нагулом молодняка после отъема даёт возможность организовать производство говядины с минимальными затратами труда и средств [6-10].

© Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А., 2021 г.

В связи с этим в мясном скотоводстве совершенно определённо наметилась тенденция к переходу от крайнего компактного (плотного) типа телосложения животных с коротким и квадратным туловищем на низких ногах к более крупному по живой массе типу, но с хорошо выраженными мясными формами [11–13].

Абердин-ангусская порода, которая получила широкое распространение в России, в том числе в Карачаево-Черкесии, относится к одной из лучших мировых мясных пород [14-16].

За последние 20 лет произошло значительное увеличение поголовья абердин-ангусской породы – с 2,0 до100,0 тыс. голов [17-19].

Однако эта порода в последние два десятилетия также развивалась в направлении формирования сравнительно некрупного, но очень скороспелого типа. В связи с этим возникает необходимость, установления наиболее желательного и перспективного типа животных, совершенствования методов племенной работы и приемов выращивания племенного молодняка.

Целью данной работы явилось установление особенностей продуктивности молодняка абердин-ангусской породы крупного высокорослого и мелкого компактного типа телосложения.

Материал и методы

Экспериментальные исследования проводились в ООО фирма «Хаммер» Карачаево-Черкесской Республики в 2020-2021 годах. Для опыта из потомства четырех быков крупного и трех быков мелкого типа абердин-ангусской породы были отобраны две группы по 14 голов бычков в каждой. Отцы бычков первой группы имели более высокий уровень живой массы по сравнению с отцами бычков второй группы (на 80 кг) и отличались от них некоторой высоконогостью, меньшей широкотелостью и массивностью. Матери бычков первой группы также имели более высокую живую массу (на 49 кг) по сравнению с материями бычков второй группы, различия по характеру телосложения между ними были незначительными.

Сразу после отъема они были поставлены на контрольное выращивание. Средний возраст бычков первой группы при отъеме был 8 месяцев 22 дня, а бычков второй группы 8 месяцев 20 дней.

Отбор по принципу аналогов в опытные группы производился на основании учета живой массы, возраста, состояния здоровья и происхождения.

Первая группа состояла из бычков, происходящих от быков-производителей крупного высокорослого типа, вторая группа – из бычков, происходящих от быков-производителей мелкого компактного типа.

Условия кормления и содержания бычков подопытных групп были одинаковыми и соответствовали принятой в хозяйстве системе выращивания.

Во время выполнения опыта согласно методике были проведены следующие исследования:

– для изучения роста и развития подопытных животных проводилось их ежемесячное взвешивание: при постановке на опыт, в возрасте 12, 15 и 18 месяцев, и брались их основные промеры туловища;

– для выявления более полной картины в степени напряженности роста у подопытных животных был произведен расчет относительной скорости роста;

– с целью изучения степени оплаты корма подопытными животными производился постоянный учет израсходованных кормов путем взвешивания кормов по двум смежным дням с последующим снятием остатков.

В состав рациона подопытных животных входили: люцерновое сено, силос кукурузный, дробленый ячмень, комбикорм и подсолнечный шрот. Кукурузный силос и сено были среднего качества.

Потребность животных в минеральных кормах обеспечивалась как за счет кормов рациона, так и за счет дополнительной дачи соли-лизунца и минеральной подкормки.

Белковая питательность рационов за все время выращивания животных была вполне удовлетворительной.

Для изучения количества и качества мясной продукции подопытных животных был проведен контрольный убой молодняка в 18-месячном возрасте. Для проведения контрольного убоя было отобрано из каждой группы по 3 наиболее типичных животных, имеющих одинаковый возраст.

Убой был проведен на Черкесском мясокомбинате ООО «Кавказ-мясо» по методике, разработанной ВАСХНИЛ.

С целью изучения морфологического состава туш было произведено расчленение левых полутуш на пять отрубов с последующей их обвалкой.

Для характеристики полномясности туш проведены их измерения.

Полученный экспериментальный материал обработан биометрически с использованием программного пакета Microsoft Office 2007.

Результаты исследований

В нашем опыте взвешивание животных производилось утром до кормления.

Изменение живой массы бычков от отъема до 18-месячного возврата в среднем по группам приведено на рис 1.

Установлено, что в возрасте 8, 12 и 15 месяцев разница между группами являются недостоверной. В конце опыта, в возрасте 18 месяцев, бычки первой группы превосходили по живой массе бычков второй группы несколько меньше, чем при отъеме (в 18 месяцев на 7,0 и в 8 месяцев на 10,3 %), однако, ввиду уменьшения изменчивости живой массы животных в пределах групп, различия между ними становятся статистически достоверными.

Значение критерия достоверности, вычисленного для разности живой массы, равняется t_d =3,26. Это свидетельствует о достоверности полученной разности (P > 0,99).

Приведенные данные изменения величины среднесуточных приростов (рис. 2) живой массы подопытных бычков свидетельствует о том, что в подсосный период бычки первой группы давали более высокие приросты, чем бычки второй группы.

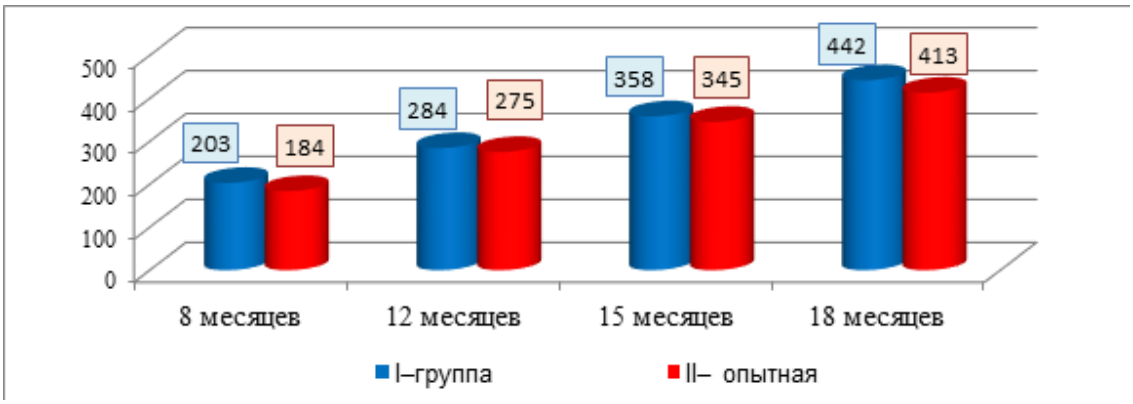


Рис. 1 – Динамика живой массы подопытных бычков

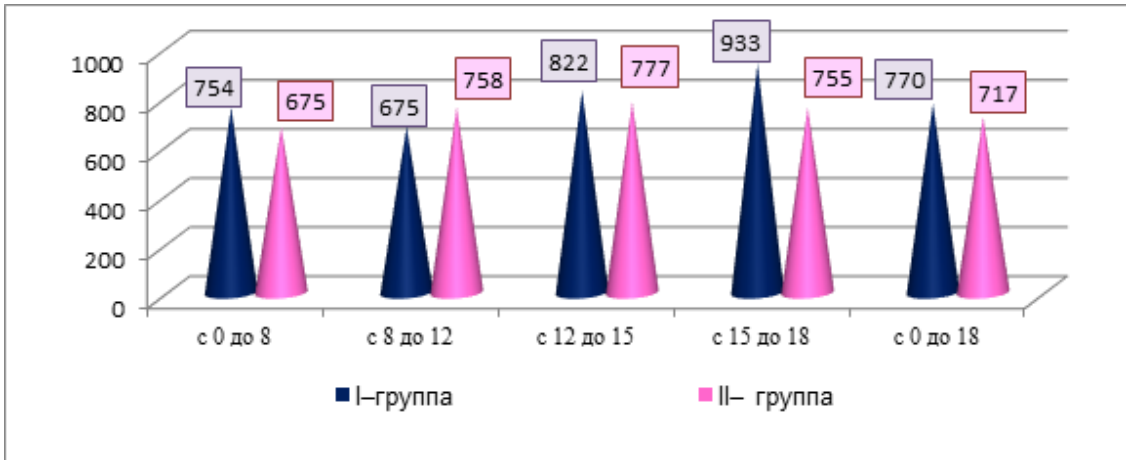


Рис. 2 – Динамика среднесуточных приростов подопытных бычков

Причиной этого могла являться, главным образом, лучшая молочность матерей (более крупных в первой группе), т.к. условия кормления и содержания коров с подсосными телятами были примерно одинаковыми, а величина наследуемости живой массы в этом возрасте довольно низкая (h=0,28-0,30).

После отъема и до 12-месячного возраста бычки первой группы росли несколько хуже и давали среднесуточные приросты на 11 % ниже по сравнению с бычками второй группы. За этот период разница в средней величине живой массы между группами сократилась с 10,3% при отъеме до 3,3% в 12-месячном возрасте.

Начиная с 13-месячного возраста бычки второй группы росли несколько медленнее, чем бычки первой группы, которые до конца опыта имели более высокие среднесуточные приросты. За весь опытный период бычки первой группы дали среднесуточные приросты на 4,4 % выше по сравнению с бычками второй группы и в конце опыта имели большую живую массу на 29 кг, или на 7,0 %.

Расчет относительной скорости роста еще раз подтверждает, что до 12-месячного возраста бычки второй группы обладали более высокой энергией роста по сравнению с бычками первой группы (рис. 3).

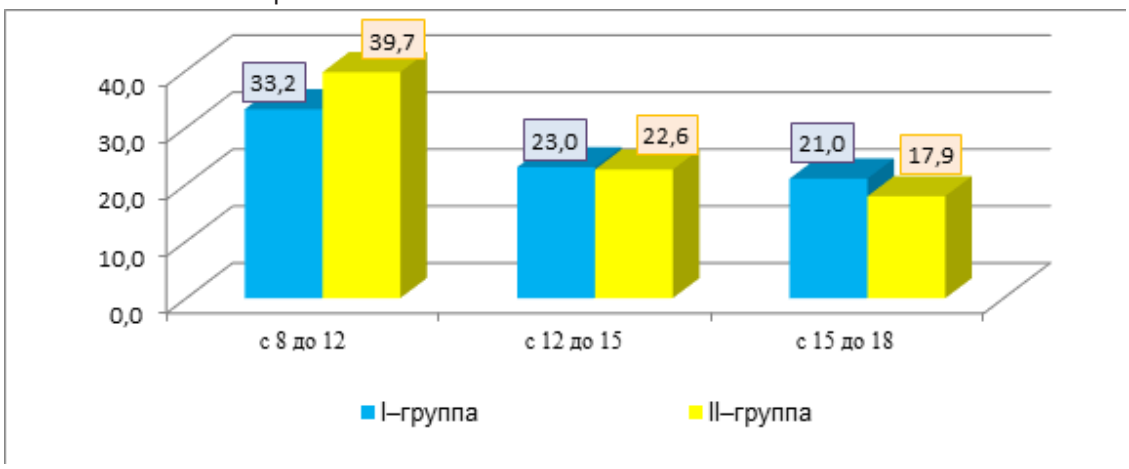


Рис. 3 – Относительный прирост живой массы подопытных бычков, %

Начиная с 13-месячного возраста они отстают по энергии роста от бычков первой группы. Как в первой, так и во второй группе с возрастом энергия роста снижается, однако во второй группе это снижение происходит более резко, чем в первой (на 13,2 % в 1-й группе и на 21,8 % во 2-й группе).

Оплата корма определяется количеством питательных веществ, затраченных на единицу прироста. На протяжении всего опыта расход кормов на 1 голову как в первой, так и во второй группе был практически одинаковым. Поэтому затраты кормов животными подопытных групп изменялись по периодам выращивания соответственно изменениям среднесуточных приростов (табл.1).

В период с 8-го до 12-месячного возраста бычки второй группы давали более высокие среднесуточные приросты и затратили на него на 6,6 % меньше кормовых единиц, чем бычки первой группы. В дальнейшем снижение среднесуточных приростов бычков второй группы привело к увеличению расхода корма на 1 кг прироста по сравнению с первой группой.

Таблица 1 – Оплата корма приростом живой массы у подопытных бычков по периодам выращивания

Период, мес.	Затрачено на 1 кг прироста					
	1-я группа				2-я группа	
	ЭКЕ	% к 2 гр.	Протеина, г	% к 2 гр.	ЭКЕ	Протеина, г
0-8	6,0	93,7	1038	93,3	6,4	1113
8-12	9,6	106,6	1013	107,0	9,0	950
12-18	7,3	91,2	740	90,2	8,0	820
8-18	8,1	96,6	830	95,8	8,4	867
0-18	7,1	94,6	930	94,7	7,5	982

Разница в затратах корма на 1 кг прироста как в среднем за все время опыта, так и по отдельным периодам была небольшая и составляла 6-8 %. Уровень затрат переваримого протеина по группам почти полностью соответствовал затратам кормовых единиц.

Различия в эффективности использования корма, полученные в нашем опыте, очень незначительные и статистически недостоверные.

Вторым показателем роста животных служит линейный рост. Его учет при помощи систематического взятия линейных промеров является дополнительным свидетельством общего уровня развития животного.

В нашем опыте в целях изучения особенностей линейного роста и различий в типе телосложения бычков сравниваемых групп брались 11 основных промеров (рисунки 4, 5, 6).

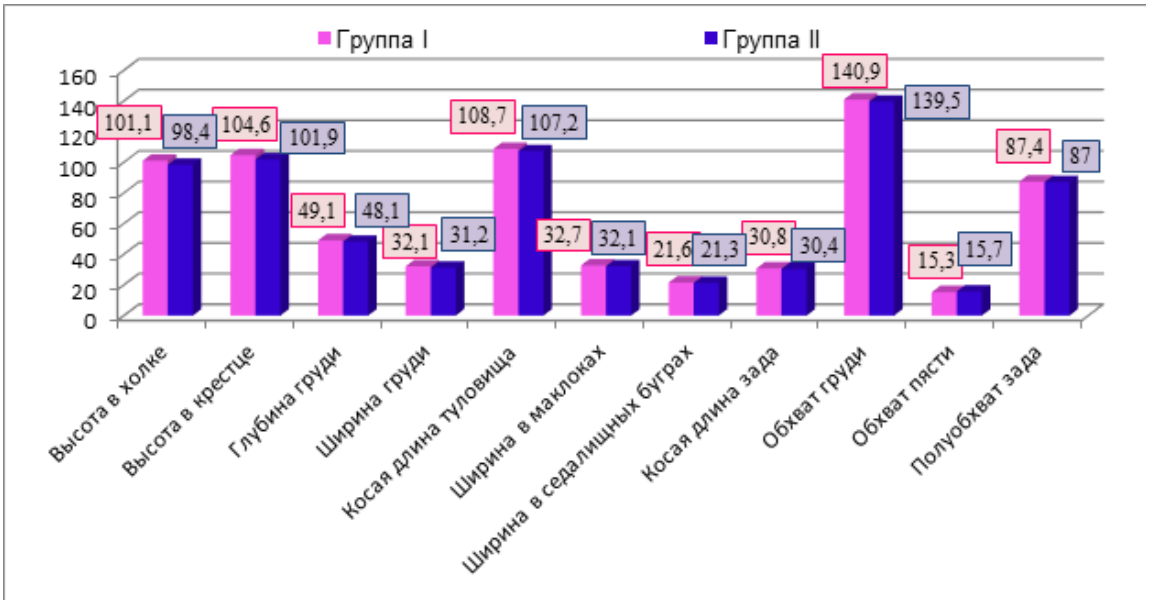


Рис. 4 – Промеры статей тела бычков в возрасте 8 месяцев (n=14), см

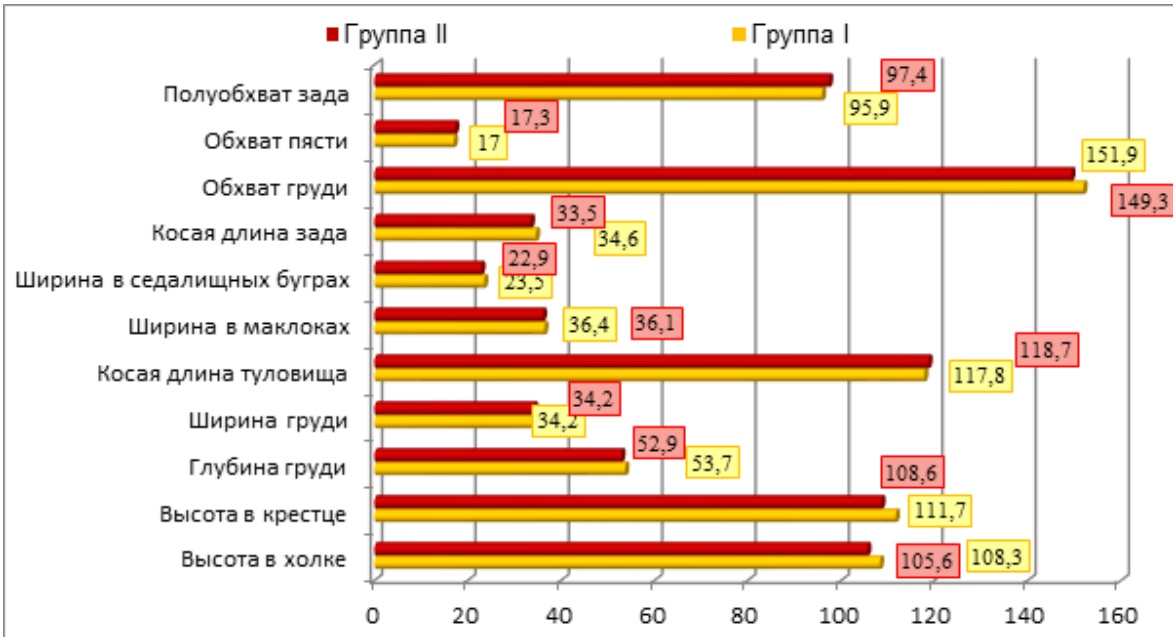


Рис. 5 – Промеры статей тела бычков в возрасте 12 месяцев (n=14), см

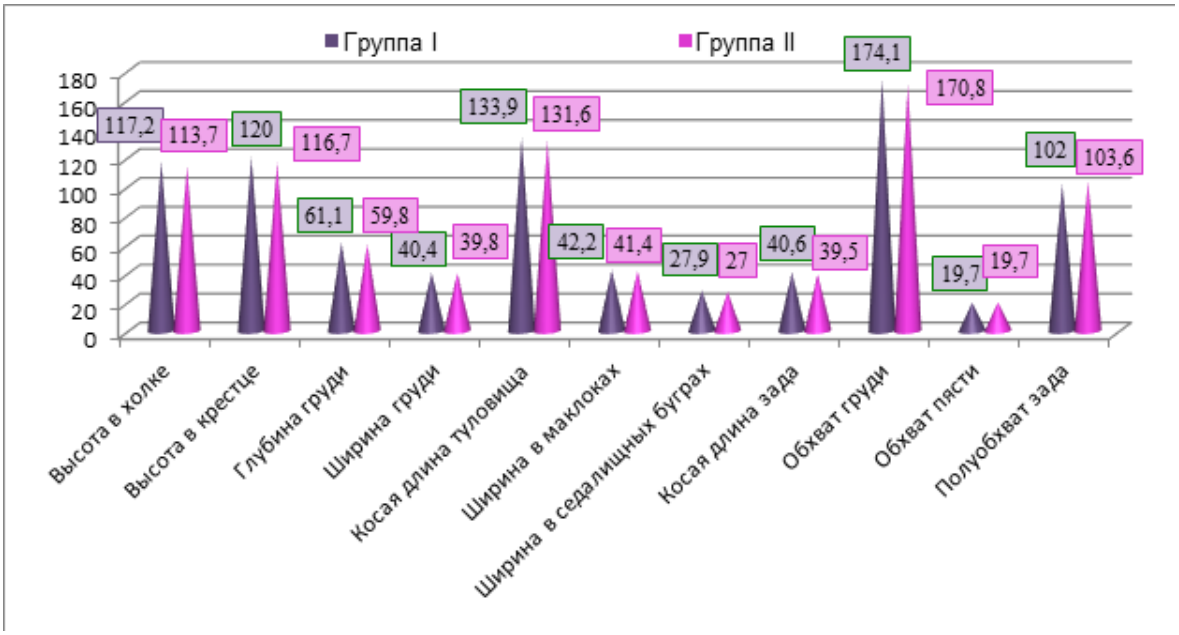


Рис. 6 – Промеры статей тела бычков в возрасте 18 месяцев (n=14), см

Установлено, что животные первой группы, как более крупные, превосходили животных второй группы по всем промерам (кроме полуобхвата зада) и, в особенности, по таким промерам, как высота в холке и крестце, глубина груди, косая длина зада и ширина в седалищных буграх. Причем эти различия имели место во все возрастные периоды.

Разница в величине промера ширины груди за период с 8-го до 18-месячного возраста сократилась. Бычки первой группы, уступавшие в 8-месячном возрасте бычкам второй группы в обхвате пясти, к 18-месячному возрасту сравнялись с ними. Показатель промера полуобхвата зада, почти одинаковый в 8-месячном возрасте, по достижении 18-месячного возраста стал больше во второй группе.

В конце опыта наиболее типичные бычки первой группы выглядели относительно более высоконогими и узкотелыми.

Полученные в нашем опыте возрастные изменения промеров указывают на то, что животные первой и второй группы дали наименьший прирост в высоте в холке и в высоте в крестнице. Такие промеры, как ширина груди, ширина в маклоках, ширина в седалищных буграх и косая длина зада дали наибольший прирост.

Возрастные изменения у животных первой и второй групп имели сходный характер. Незначительные различия были только в изменении про-

меров ширины в седалищных буграх, косой длины зада и обхвата пясти. Величина этих промеров за изучаемый период увеличивалась несколько быстрее у бычков первой группы, чем второй.

Индексы телосложения показывают, что бычки первой группы во все возрастные периоды отличались большей высоконогостью по сравнению с бычками второй группы, которые были относительно более широкотелыми и низконогими (табл. 2).

Таблица 2 – Индексы телосложения подопытных бычков

Возраст, мес.		Индексы						
		Широкотелости	Массивности	Длинноногости	Растянутости	Сбитости	Грудной	Костистости
8	1-я гр.	30,5	139,4	51,4	107,6	129,6	65,4	15,1
	2-я гр	30,8	141,8	51,1	108,9	130,2	64,9	15,9
12	1-я гр.	31,3	140,2	50,4	108,8	128,9	64,2	15,7
	2-я гр.	31,3	141,4	49,9	112,6	125,7	63,9	16,4
18	1-я гр.	32,9	148,5	47,8	114,3	130,0	66,1	16,8
	2-я гр.	33,1	150,2	47,4	115,8	129,9	66,7	17,3

Индекс костистости у бычков второй группы был больше, т.к. пясть у них была короче, но относительно более широкая. Аналогичную картину мы наблюдаем и у быков-производителей. У быков мелкого компактного типа индекс костистости был на 2,8 % выше, чем у быков крупного высокорослого типа.

Возрастные изменения индексов полностью соответствуют возрастным изменениям промеров. С возрастом индекс длинноногости уменьшился (на 7 %), а индексы широкотелости, массивности и растянутости выросли (на 7,9 %; 6,5 %; 6,2 % соответственно – в первой группе и на 7,5 7,2 %; 6,3 % соответственно – во второй группе). Значительно увеличился с возрастом индекс костистости (11,3 % в первой группе и 8,8 % во второй группе).

Результаты убоя показали (табл.3), что у бычков первой группы была более высокая предубойная масса на 31,4кг и тяжелые туши по сравнению с бычками 2-й группы на 28,3 кг или на 13,5 % (Р >0,99).

Таблица 3 – Результаты контрольного убоя подопытных бычков (n=3)

Показатели	1-я группа	2-я группа
Предубойная масса, кг	408,4±3,74	377,0±4,20
Масса туши, кг	238,0±2,95	209,7±3,02
Масса внутреннего жира, кг	9,9±0,14	11,7±0,16
Выход внутреннего жира,%	3,0±0,03	3,1±0,03
Убойная масса, кг	247,9±3,45	221,4±3,52
Выход туши ,%	58,27±0,25	55,62±0,23
Убойный выход, %	60,71±0,28	58,73±0,27

Некоторые различия имели место по выходу внутреннего жира. Бычки первой группы имели более высокий выход туши (на 2,65 абс.%) и меньшее содержание внутреннего сала на 1,8 кг.

По убойной массе бычки первой группы превосходили сверстников второй группы на 26,5кг (Р>0,99), а по убойному выходу соответственно на 1,98 абс.%.

В оценке качества туши в производственных условиях не существует объективного метода. Туши оценивают, в основном, по наличию на их поверхности жировых отложений. В конечном счете получается, что такой наиболее важный показатель качества мясных туш, как развитие мышечной ткани, недостаточно учитывается при оценке туш в результате отсутствия объективной характеристики.

С целью определения полномясности туши, величины и качества жирового полива при контрольном убое была проведена их экспертная глазомерная оценка и взяты основные промеры.

Все туши убитых бычков отличаются хорошо развитой мускулатурой, что особенно было заметно в области бедра, поясницы и спины. Жировой полив на тушах как первой, так и второй группы был тонкий, равномерный с просветами в области лопаток и на ребрах. Толщина жирового слоя на уровне последнего ребра составляла 1-2 мм. Туши, полученные от убоя бычков второй группы, имели жировой полив несколько лучший (3,13 балла) по сравнению с этим показателем у первой группы (2,74 балла).

Для характеристики полномясности туш проведены их измерения (табл. 4)

Таблица 4 – Промеры туш и оценка их полномясности

Промеры туш	1-я группа	2-я группа
Длина туловища	103,0 ±1,56	98,7 ±1,48
Длина бедра	90,7 ±0,69	83,3 ±0,74
Обхват бедра	94,3 ±0,76	90,3 ±0,68
Длина туши	193,7 ±2,57	182,0 ±2,63
Коэффициенты: K_1– полномясности	120 ±0,88	115 ±0,80
K_2–выполненности бедра	104 ±0,64	108 ±0,70

Если значение «K_1»выше 100, т.е. масса туши превышает ее длину, то это указывает на очень хорошую полномясность. Коэффициент корреляции между показателем «K_1» и показателем выхода мяса равен 0,84.

В нашем опыте полномясность туш была довольно высокой как в первой, так и во второй группе. В первой группе полномясность туш была несколько выше, так как они имели большую массу (на 12 %) и длину (на 6 %). По выполненности бедра более высокий показатель был у туш второй группы, бедро которых было короче и относительно более широким. Различия, имевшие место в промерах туш, явились отражением типа телосложения убитых животных.

Изучение морфологического состава туши подопытных животных было произведено с помощью обвалки полутуш, в результате которой учитывалась масса мяса, жира, костей и сухожилий.

Проведенная обвалка полутуш показала, что туши первой и второй групп имели некоторые различия в содержании костей и мякоти (табл. 5).

Таблица 5 – Результаты обвалки полутуш

Показатели	1-я группа		2-я группа	
	кг	% к массе полутуш	кг	% к массе полутуш
Средняя масса охлажденной полутуши	119,26 ±1,24	100	104,89 ±1,09	100
Получено при обвалке: мякоти	94,34 ±0,93	79,10	84,44 ±0,87	80,51
костей	20,87 ±0,59	17,50	16,79 ±0,49	16,00
сухожилий	4,05 ±0,21	3,40	3,66 ±0,19	3,49

Различие в содержании костей в тушах согласуется с различиями животных в характере телосложения. Бычки первой группы, будучи более высоконогими, при убое дали туши с большим содержанием костей (на 4,08кг) по сравнению со второй группой. В тушах первой группы на 1 кг костей приходились 4,52 кг мякоти, в то время как в тушах второй группы – 5,03 кг. Однако в целом при обвалке полутуш первой группы было получено мякоти больше на 9,9 кг или на 11,72 % (P>0,99) по сравнению со второй группой.

Изучение относительной массы отдельных частей туши не выявило значительных различий между группами (табл. 6).

Таблица 6 – Масса и морфологический состав отдельных отрубов туши

Отруба	Масса, кг	К массе полутуши, %	Содержание в отрубе, %		
			мякоть	кости	сухожилия
1-я группа					
Шейная часть	10,69	8,9	82,1	13,7	4,2
Плечелопаточная часть	20,42	17,2	78,1	18,4	3,5
Спинногрудная часть	37,91	31,8	77,5	20,8	1,7
Поясничная часть	11,32	9,5	82,9	11,6	5,5
Тазобедренная часть	38,92	32,6	79,3	16,6	4,1
2-я группа					
Шейная часть	9,54	9,2	85,3	12,3	2,4

Продолжение таблицы 6

Плечелопаточная часть	18,28	17,4	79,5	16,9	3,6
Спинногрудная часть	32,30	30,8	78,6	19,5	1,9
Поясничная часть	10,94	10,4	83,1	9,9	7,0
Тазобедренная часть	33,83	32,2	80,7	15,3,	4,0

Различия в отношении отдельных отрубов к массе туши были очень незначительными. Обвалка каждого отруба в отдельности показала, что масса отруба туш первой группы, так же, как и туш в целом, содержит больше костей по сравнению с этим показателем у второй группы.

Заключение

Проведённый опыт по интенсивному выращиванию молодняка разных типов от отъёма до 18-месячного возраста показал, что бычки крупного типа превосходят сверстников мелкого компактного типа по мясной продуктивности; это выразилось в большей скорости роста и лучшей оплате корма приростом живой массы. В 18-месячном возрасте бычки крупного типа достигли массы 442 кг, а мелкого типа – 413 кг (P>0,99). За период от отъёма до полуторалетнего возраста бычки крупного типа затратили на 1 кг прироста 8,1 ЭКЕ., а сверстники мелкого типа – 8,4 ЭКЕ.

Животные мелкого типа отличались более выраженным мясным типом телосложения. Они были относительно низконогими и широкотелыми с большей выполненностью бедра. В тушах бычков первой группы на 1 кг костей приходились 4,52 кг мякоти, в то время как в тушах второй группы – 5,03 кг. Однако в целом при обвалке полутуш первой группы было получено мякоти больше на 9,9 кг или на 11,72 % (P>0,99), чем при обвалке полутуш второй группы.

Список литературы

1.Формирование мясной продуктивности бычков абердин-ангусской породы при различной длительности производственного цикла / Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А., Смакуев Д.Р. [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева.– 2018. –№ 4. (40).– С.60–65. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38230403.

2.Improving the physiological and biochemical status of high-yielding cows through complete feedinG / L. Morozova, I. Mikolaychik, M. Rebezov, N. Fedoseeva, S. Safronov, M. Derkho, V. Kosilov, R. Fatkullin, K.S.Aikumis//International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. Т. 12. № S1. С. 2181–2191. doi:10.31838/ijpr/2020.SP1.319.

3.Хакимов, И.Н. Зависимость упитанности мясного скота от живой массы и её коррекция уровнем кормления / И.Н. Хакимов, Р.М. Мударисов, А.Л. Акимов //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 19–26. DOI: 10. 12737/20409.

4.Productivity of Simmentals Livestock of Austrian Breeding in Climatic Conditions of the Karachay- Cherkess Republic / Valery Kulintsev, Muhamed Shakhmurzov, Anatoly Shevkhuzhev, Vladimir Pogodaev, Dagir Smakuev // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-9 Issue-1, October 2019, 4561–4564, Retrieval Number: A1814109119/2019©BEIESP. DOI: 10.35940/ijeat.A1814.10911.

5.Overview of feed granulation technology and technical means for its implementation / Blagov D.A., Gizatov A.Ya., Smakuyev D.R., Kosilov V.I., Pogodaev V.A., Tamaev S.A.// В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 613(1). 012018. doi:10.1088/1755-1315/613/1/012018.

6.The composition and properties of young cattle nutrition enriched with the additive “Tanrem”/ A A Nigmatyanov, E Z Nafikova, N A Fedoseeva, T V Rybchenko, S Yu Kontsevaya and V A Pogodaev // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 613 (2020) 012091. doi:10.1088/1755-1315/613/1/012091.

7.Properties of morphogenesis of functional groups and particular skeletal muscles in red steppe young stock under Southehern urals conditions / V.I. Levakhin, V.I.Kosilov, S.I. Mironenko, D.A. Andrienko, E.A. Azhmuldinov// Russian Agriculural Sciences. – 2015. – V.41. № 6. – P. 481–484. doi.org/10.3103/S1068367415060130.

8.The use of single-nucleotide polymorphism in creating a crossline of meat simmentals/ S D Tyulebaev, M D Kadysheva, V G Litovchenko, V I Kosilov, V M Gabidulin// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 341 (2019) 012188. doi:10.1088/1755-1315/341/1/012188.

9.Хакимов, И.Н. Сортовой состав туш молодняка герефордской породы разных генотипов / И.Н. Хакимов, Р.М. Мударисов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. - С. 8–13. DOI: 10.12737/20402.

10.Effects of leptin gene polymorphism on beef cattle performance/ T.A. Sedykh, R.S. Gizatullin, V.I. Kosilov, L.A.Kalashnikova// Russian Agricultural Sciences. 2020. Т. 46. № 6. С. 614-618. doi:10.3103/S1068367420060166.

11.Мысик, А.Т. Современные технологии в мясном скотоводстве при разведении абердин-ангусской породы / А.Т. Мысик, Е.Н. Усманова, Л.И. Кузякина // Зоотехния. –2020.– №8.– С.25–28. DOI:10.25708/ZT.2020.61.12.007.

12.Характеристика племенной базы абердин-ангусской и калмыцкой пород скота в Российской Федерации / Дюльдина А.В., Тяпугин Е.Е., Тяпугин С.Е., Боголюбова Л.П. // Зоотехния.–2020.– №2. – С. 19–23. DOI: 10.25708/ZT.2020.21.61.007.

13. Чинаров, А.В. Племенные ресурсы мясного скотоводства России / А.В. Чинаров // Молочное и

мясное скотоводство.– 2020. –№5. –С.2–5. DOI: 10.33943/MMS.2020.91.99.001.

14.Хакимов, И.Н. Балльная оценка упитанности мясных коров и её взаимосвязь с промерами тела // И.Н. Хакимов, Р.М. Мударисов, А.Л. Акимов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 40–46. DOI: 1/ 12737/37338.

15.Genetic aspects for meat quality of purebred and crossbred bull-calves/ T.S. Kubatbekov, V.I. Kosilov, Yu.A. Yuldashbaev, H.A. Amerkhanov, F.M. Radjabov, A.A. Salikhov, H.B.Garyaev// Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2020. T. 8. № S3. C. 38-42. doi: 10.17582/journal.aavs/2020/8.s3.38.42.

16.Nitrogen balance in energy-carbohydrate-fed cows /A A Nigmatyanov, A V Pleshkov, N A Fedoseeva, O A Konovalova, N V Pristach and V I Kosilov// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 613 (2020) 012090. doi:10.1088/1755-1315/613/1/012090.

17.Особенности телосложения бычков разных генотипов/ Косилов В.И., Комарова Н.К., Ребезов М.Б. [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета.– 2020. –№ 5–(85). –С. 182–185. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-182-185.

18. Породный состав в племенном мясном скотоводстве / Л.П. Боголюбова, С.В. Никитина, Е.А. Матвеева, Е.Е. Тяпугин // Молочное и мясное скотоводство .– 2021.– №1.– С. 10 – 12. DOI:10.33943/MMS.2021.29.45.002.

19.Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации реалии и перспективы / Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Мещеров Р.К. и др. // Молочное и мясное скотоводство.– 2020. –№2.– С. 2–7. DOI:10.33943/MMS.2020.40.30.001.

THE PRODUCTIVITY OF LARGE TALL AND SMALL SHORT BULLS OF ABERDEEN-ANGUS BREED

Shevkhuzhev Anatoly F., *Doctor of Agricultural Science, Professor, Chief Researcher, shevkhuzhevaf@yandex.ru*

Pogodaev Vladimir A., *Doctor of Agricultural Science, Professor, Chief Researcher, pogodaev_1954@mail.ru*

Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center", Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk

Problem and purpose. *The purpose of this work was to establish the characteristics of the productivity of young Aberdeen-Angus breed of large tall and small short body type.*

Methodology. *For the experiment in Hammer LLC of the Karachayevo-Cherkessian Republic from the offspring of four large bulls and three small bulls of the Aberdeen-Angus breed, 14 bulls were selected in each of two groups. The fathers of the bulls of the first group had a higher level of live weight compared to the fathers of the bulls of the second group (by 80 kg) and differed from them in some high leg height, narrower body and less mass.*

Results. *Growing young animals of different types from weaning to 18 months of age showed that large-type bulls were superior to small-type ones in terms of meat productivity, which resulted in a higher growth rate and better payment for forage with an increase in live weight. At the age of 18 months, large-type bulls reached a mass of 442 kg, and small-type ones had 413 kg (P>0.99). Over the period from weaning to one and a half years of age, large-type bulls spent 8.1 ECU per 1 kg of gain, and small-type ones spent 8.4 ECU. The bulls of the first group had a higher pre-slaughter weight (by 31.4 kg, P>0.99) and heavy carcasses compared to the bulls of the second group (by 28.3 kg, P>0.99). The bulls of the first group, being higher-legged, produced carcasses with a high bone content (by 4.08 kg) during slaughter. There were 4.52 kg of pulp per 1 kg of bones in their carcasses, while the carcasses of the second group had 5.03 kg. In general, when boning semi-carcasses of the first group, there was obtained 9.9 kg more pulp (P>0.99).*

Conclusion. *The most desirable is a large, tall type of animals with intensive growth, good feed pay and high meat productivity.*

Key words: *bulls, Aberdeen-Angus breed, feed payment, measurements, body build indices, meat productivity, slaughter, morphological composition of carcasses.*

Literatura

1.Formirovanie myasnoj produktivnosti bychkov aberdin-angusskoj porody pri razlichnoj dlitel'nosti proizvodstvennogo cikla / SHevhuzhev A.F., Pogodaev V.A., Smakuev D.R. [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva.– 2018. –№ 4. (40).– S.60–65. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38230403.

2.Improving the physiological and biochemical status of high-yielding cows through complete feedinG / L. Morozova, I. Mikolaychik, M. Rebezov, N. Fedoseeva, S. Safronov, M. Derkho, V. Kosilov, R. Fatkullin, K.S.Aikumis//International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. T. 12. № S1. S. 2181–2191. doi:10.31838/ijpr/2020.SP1.319.

3.Hakimov, I.N. Zavisimost' upitannosti myasnogo skota ot zhivoj massy i eyo korrekciya urovnem kormleniya / I.N. Hakimov, R.M. Mudarisov, A.L. Akimov //Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 1. – S. 19–26. DOI: 10. 12737/20409.

4.Productivity of Simmentals Livestock of Austrian Breeding in Climatic Conditions of the Karachay-Cherkess Republic / Valery Kulintsev, Muhamed Shakhmurzov, Anatoly Shevkhuzhev, Vladimir Pogodaev,

Dagir Smakuev // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-9 Issue-1, October 2019, 4561–4564, Retrieval Number: A1814109119/2019©BEIESP. DOI: 10.35940/ijeat.A1814.10911.

5.Overview of feed granulation technology and technical means for its implementation / Blagov D.A., Gizatov A.Ya., Smakuyev D.R., Kosilov V.I., Pogodaev V.A., Tamaev S.A.// V sbornike: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 613(1). 012018. doi:10.1088/1755-1315/613/1/ 012018.

6.The composition and properties of young cattle nutrition enriched with the additive “Tanrem”/ A A Nigmatyanov, E Z Nafikova, N A Fedoseeva, T V Rybchenko, S Yu Kontsevaya and V A Pogodaev // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 613 (2020) 012091. doi:10.1088/1755-1315/613/1/012091.

7.Properties of morphogenesis of functional groups and particular skeletal muscles in red steppe young stock under Southehern urals conditions / V.I. Levakhin, V.I.Kosilov, S.I. Mironenko, D.A. Andrienko, E.A. Azhmuldinov// Russian Agriculural Sciences. – 2015. – V.41. № 6. – P. 481–484. doi.org/10.3103/S1068367415060130.

8.The use of single-nucleotide polymorphism in creating a crossline of meat simmentals/ S D Tyulebaev, M D Kadysheva, V G Litovchenko, V I Kosilov, V M Gabidulin// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 341 (2019) 012188. doi:10.1088/1755-1315/341/1/012188.

9.Hakimov, I.N. Sortovoj sostav tush molodnyaka gerefordskoj porody raznyh genotipov / I.N. Hakimov, R.M. Mudarisov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 1. - S. 8–13. DOI: 10.12737/20402.

10.Effects of leptin gene polymorphism on beef cattle performance/ T.A. Sedykh, R.S. Gizatullin, V.I. Kosilov, L.A.Kalashnikova// Russian Agricultural Sciences. 2020. T. 46. № 6. S. 614-618. doi:10.3103/S1068367420060166.

11.Mysik, A.T. Sovremennye tekhnologii v myasnom skotovodstve pri razvedenii aberdin-angusskoj porody / A.T. Mysik, E.N. Usmanova, L.I. Kuzyakina // Zootekhniya. –2020.– №8.– S.25–28. DOI:10.25708/ZT.2020.61.12.007.

12.Harakteristika plemennoj bazy aberdin-angusskoj i kalmyckoj porod skota v Rossijskoj Federacii / Dyul'dina A.V., Tyapugin E.E., Tyapugin S.E., Bogolyubova L.P. // Zootekhniya.–2020.– №2. – S. 19–23. DOI: 10.25708/ZT.2020.21.61.007.

13CHinarov, A.V. Plemennye resursy myasnogo skotovodstva Rossii / A.V. CHinarov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo.– 2020. –№5. –S.2–5. DOI: 10.33943/MMS.2020.91.99.001.

14Hakimov, I.N. Ball'naya ocenka upitannosti myasnyh korov i eyo vzaimosvyaz' s promerami tela // I.N. Hakimov, R.M. Mudarisov, A.L. Akimov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2020. – № 2. – S. 40–46. DOI: 1/ 12737/37338.

15Genetic aspects for meat quality of purebred and crossbred bull-calves/ T.S. Kubatbekov, V.I. Kosilov, Yu.A. Yuldashbaev, H.A. Amerkhanov, F.M. Radjabov, A.A. Salikhov, H.B.Garyaev// Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2020. T. 8. № S3. S. 38-42. doi: 10.17582/journal.aavs/2020/8.s3.38.42.

16Nitrogen balance in energy-carbohydrate-fed cows /A A Nigmatyanov, A V Pleshkov, N A Fedoseeva, O A Konovalova, N V Pristach and V I Kosilov// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 613 (2020) 012090. doi:10.1088/1755-1315/613/1/012090.

17.Osobennosti teloslozheniya bychkov raznyh genotipov/ Kosilov V.I., Komarova N.K., Rebezov M.B. [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.– 2020. –№ 5– (85). –S. 182–185. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-182-185.

18. Porodnyj sostav v plemennom myasnom skotovodstve / L.P. Bogolyubova, S.V. Nikitina, E.A. Matveeva, E.E. Tyapugin // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo .– 2021.– №1.– S. 10 – 12. DOI:10.33943/MMS.2021.29.45.002.

19.Sostoyanie myasnogo skotovodstva v Rossijskoj Federacii realii i perspektivy / Dunin I.M., Tyapugin S.E., Meshcherov R.K. i dr. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo.– 2020. –№2.– S. 2–7. DOI:10.33943/MMS.2020.40.30.001.

УДК 636.2:636.084

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.009

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ БЫЧКОВ АБЕРДИН- АНГУССКОЙ ПОРОДЫ РАЗНОГО ТИПА ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ

ШЕВХУЖЕВ Анатолий Фоадович, *д-р с.-х. наук, профессор, гл. научн. сотрудник, shevkhuzhevaf@yandex.ru, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Ставропольский край, г. Михайловск*

ВОРОКОВ Виталий Хакяшевич, *д-р с.-х. наук, профессор, декан факультета зоотехнии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т.Трубилина», г. Краснодар, animal-husbandry@kubsau.ru*

КОЖОКОВ Мухамед Кадирович, *д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой «Зоотехния и ветеринарно-санитарная экспертиза», muchkog@yandex.ru*

ТАОВ Ибрагим Хасанович, *д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Зоотехния и ветеринарно-санитарная экспертиза», taova_m@mail.ru*

БИТТИРОВ Анатолий Мурашевич, *д-р биол. наук, профессор, факультет ветеринарной медицины и биотехнологии, bam_58a@mail.ru*

Кабардино-Балкарской ГАУ, КБР, г Нальчик

Проблема и цель. *Целью данной работы явилось определение химического состава и физико-химических свойств мышечной ткани бычков абердин-ангусской породы в зависимости от типов телосложения.*

Методология. *Экспериментальные исследования проводились в ООО Фирма «Хаммер» Карачаево-Черкесской Республики в 2020–2021гг. Для проведения опыта из потомства четырех быков крупного и трех быков мелкого типа абердин-ангусской породы было отобрано в каждую группу по 14 голов бычков. Средний возраст бычков первой группы при отъеме был 8 месяцев 22 дня, а бычков второй группы – 8 месяцев 20 дней. После завершения контрольного выращивания был произведен контрольный убой бычков в 18-месячном возрасте. Для проведения контрольного убоя было отобрано из каждой группы по 3 наиболее типичных животных, имеющих одинаковый возраст. Для характеристики полномясности туш проведены их измерения. Химический анализ мяса производился по общепринятым методикам.*

Результаты. *У бычков первой группы была более высокая предубойная масса на 31,4 кг и тяжелые туши по сравнению с бычками второй группы на 28,3 кг (P>0,99). Бычки первой группы, будучи более высоконогими, при убое дали туши с большим содержанием костей (на 4,08кг). Химический анализ различных проб мяса показал, что туши первой группы по сравнению с тушами второй группой содержали несколько меньше жира, как общего количества в средних пробах, так и внутримышечного в пробах из мускулов. Различия между группами по другим показателям были незначительными.*

Заключение. *Наибольшее количество жира было в отрубах, дающих лучшие сорта мяса – бедренном и спинногрудном; несколько меньшее количество жира содержалось в лопаточной части, дающей мясо второго сорта. По влагосвязывающей способности, цвету мяса, его нежности различий между группами не было.*

Ключевые слова: *бычки, абердин-ангусская порода, мясная продуктивность, убой, мускулатура, химический состав мышечной ткани, качество мяса.*

Введение

В последние годы производство мяса, в том числе говядины, значительно возросло во всех странах [1-5]. Вместе с этим изменились требования потребителей к его качеству. Теперь ценится сравнительно постное мясо (содержание жира 12-18%) с равномерным распределением жира внутри и между мышцами и в виде полива, с высоким белково-качественным показателем, нежное и сочное по вкусу [6-9].

Этим требованиям отвечает мясо молодых хорошо выращенных животных, когда они достигают большой живой массы. Как показывают результаты многих исследований, при интенсивном выращивании молодняка крупного рогатого скота до 15-18-месячного возраста можно достигнуть такого соотношения тканей и химического состава мяса в туше, при котором получается продукция высокого качества. В то же время в многочисленных опытах, проведенных в нашей стране и за рубежом, установлено, что на качество мяса оказывает большое влияние уровень и тип кормления, порода животных и возраст их к убою [10-14]..

В настоящее время во многих странах ведутся широкие исследования по повышению качественных характеристик мышечной и жировой ткани скота [15-18].

Именно поэтому при оценке мяса на первый план выдвигаются такие показатели как нежность, сочность, цвет, распределение жира, соотношение полноценных и неполноценных белков и органолептическая оценка.

Для определения качества мяса по перечисленным показателям в настоящее время наряду с химическими исследованиями всё шире используются гистологические, физические и механические методы оценки [19-20].

Исходя из этого, целью наших исследований явилось определение химического состава и физико-химических свойств мышечной ткани бычков

© Шевхужев А. Ф., Вороков В. Х., Кожоков М. К.,Таов И. Х., Биттиров А. М., 2021 г.

абердин-ангусской породы в зависимости от типов телосложения.

Материал и методы

Экспериментальные исследования проводились в ООО Фирма «Хаммер» Карачаево-Черкесской Республики в 2020–2021гг.

Для проведения опыта из потомства четырех быков крупного и трех быков мелкого типа абердин-ангусской породы было отобрано в каждую группу по 14 голов бычков.

Сразу после отъема они были поставлены на контрольное выращивание. Средний возраст бычков первой группы при отъеме был 8 месяцев 22 дня, а бычков второй группы – 8 месяцев 20 дней.

Отбор по принципу аналогов в опытные группы производился на основании учета живой массы, возраста, состояния здоровья и происхождения.

Первая группа состояла из бычков, происходящих от быков-производителей крупного высокорослого типа, вторая группа – из бычков, происходящих от быков-производителей мелкого компактного типа.

Условия кормления и содержания бычков подопытных групп были одинаковыми и соответствовали принятой в хозяйстве системе выращивания.

После завершения контрольного выращивания был проведен контрольный убой бычков в 18-месячном возрасте. Для проведения контрольного убоя было отобрано из каждой группы по 3 наиболее типичных животных, имеющих одинаковый возраст.

Убой был проведен на Черкесском мясокомбинате ООО «Кавказ-мясо» по методике, разработанной ВАСХНИЛ [2].

Для характеристики полномясности туш проведены их измерения.

На основании полученных результатов измерения поперечного разреза полутуши были вычислены коэффициенты M_1, M_2 и M_3.

M_1 – характеризует соотношение мышечной и жировой ткани;

M_2 – показывает отношение полноценных мускулов (мышечный глазок) к неполноценным;

M_3 – показывает отношение наиболее ценного мускула (мышечный глазок) к жировым включениям.

С целью изучения морфологического состава туш было произведено расчленение правых полутуш на пять отрубов с последующей их обвалкой, в результате которых учитывалось: масса мяса и жира, костей и сухожилий

С целью изучения особенностей развития мускулатуры у бычков абердин-ангусской породы разного типа телосложения была проведено препарирование и взвешивание отдельных мускулов левой полутуши. Изучалась мускулатура позвоночного столба; мускулатура, соединяющая грудную конечность с туловищем; мускулатура области лопатки и плеча и основные мускулы бедра.

В нашем опыте производился химический и физико-химический анализ проб мяса полутуш, из четырех отрубов и пяти мышц. Химический анализ мяса производился по общепринятым методикам

Результаты исследований

Установлено, бычки первой группы достоверно (P>0,99) превосходили по живой массе аналогов второй группы.

Данные об убойном выходе, качестве туши и количестве мяса нами были получены на основании контрольного убоя, проведенного в конце опыта по достижении бычками возраста 18 месяцев.

Бычки первой группы имели хорошо выраженный высокорослый тип телосложения, а бычки второй группы отличались низконогостью и компактностью. Средний возраст бычков первой группы был 526 дней, съемная масса 436 кг, а бычков второй группы – 530 дней и 406 кг соответственно.

Результаты убоя показали, что у бычков первой группы была более высокая предубойная масса (408,4±3,74 кг) и масса туши (238,0±2,95 кг), что на 31,4 и 28,3 кг больше по сравнению с бычками 2-й группы (P>0,99).

Некоторые различия имели место по выходу внутреннего жира. Бычки первой группы имели более высокий выход туши (на 2,65 абс.%) и меньшее содержание внутреннего жира на 1,8 кг.

По убойной массе бычки первой группы превосходили сверстников первой на 26,5 кг (P>0,99), а по убойному выходу соответственно на 1,98 абс.%.

Наряду с изучением связи промеров мясных туш с выходом мякоти, костей и другими показателями в работах, посвященных изучению мясной продуктивности крупного рогатого скота, уделяется большое внимание изучению связи площади поперечного сечения длиннейшего мускула спины (мышечного глазка) с различными показателями качества туш. Длиннейшей мускулы спины является одним из крупных в туше и легко может быть препарирован на всем своем протяжении. В результате изучения площади поперечного сечения этого мускула была установлена довольно тесная связь с количеством мякоти и костей в туше. Однако при изучении длиннейшего мускула спины следует иметь в виду, что площадь поперечного сечения его меняется в зависимости от места измерения.

В настоящее время площадь поперечного сечения длиннейшего мускула спины измеряется обычно или между 12-13-м или 8-9-м грудными позвонками. При разрезе полутуши между 12-13-м позвонками основную площадь разреза занимает длиннейший мускул спины. При разрезе между 8-9-м позвонками площадь длиннейшего мускула спины меньше, значительную часть площади разреза занимают другие мускулы спины и хорошо видны межмышечные и жировые включения. Измеряя в этой точке площадь длиннейшего мускула спины, площадь других мускулов и жировых включений, можно получить конкретное цифровое выражение степени жировых отложений и соотношение жировой и мускульной тканей.

Мы измеряли площадь поперечного разреза правых полутуш между 8-м и 9-м грудными позвонками по методике (ВАСХНИЛ и ВИЖа). Для сохранения структуры мышц и жировых включений поперечный разрез производился ножом в на-

меченной плоскости до позвоночника и остистых отростков, которые осторожно распиливали. На разрез накладывали кальку и на неё наносили контуры мышц и жировых включений. Нижней границей разреза служила линия, перпендикулярная ребру, отстоящая на 3 см от нижней точки длиннейшего мускула спины. В это же время производилось фотографирование поперечного разреза полутуши в одном масштабе. Площадь полученных контуров разреза измерялась с помощью планиметра.

Полученные данные о величине общей площади поперечного разреза туши, площади мышечной ткани, площади длиннейшего мускула спины и площади жировых включений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения поперечного разреза полутуши между 8 и 9-м грудными позвонками (см²)

Наименование измерений	1-я группа	2-я группа
Площадь мышечной ткани	142,40	119,55
В % от общей площади	65,6	61,4
Площадь мышечного глазка	44,45	46,68
В % от общей площади	20,5	24,0
Площадь жировых включений	30,50	28,43
В % от общей площади	13,9	14,6
Общая площадь поперечного разреза	227,00	194,66
$M_1=\frac{\text{площадь мышечной ткани}}{\text{площадь жира}}$	4,72	4,21
$M_2=\frac{\text{площадь мышечного глазка}}{\text{площадь остальных мышц}}$	0,45	0,64
$M_3=\frac{\text{площадь мышечного глазка}}{\text{площадь жира}}$	1,47	1,64

На основании полученных результатов измерения поперечного разреза полутуши были вычислены коэффициенты M_1, M_2 и M_3.

Как видно из таблицы 1, туши второй группы имели меньшую площадь поперечного сечения на 24,57 см², или на 14,2 %. В то же время они имели более высокое процентное содержание жировых включений (на 0,7 %) и площади мышечного глазка (на 3,5 %). Вычисленные коэффициенты M_1 M_2 и M_3 показывают также, что туши второй группы имели лучшее соотношение мускульной и жировой тканей, отношение площади мышечного глазка к площади остальных мускулов и жировых включений.

Хотят туши второй группы имели большую площадь поперечного сечения мышечного глазка, относительно он был развит у них хуже. Если взять вес длиннейшего мускула спины в граммах, приходящйся на 1 см² площади его поперечного сечения, то в первой группе он составит 113,6 г., а во второй группе – 96,5 г. В тушах второй группы длиннейший мускул спины был с большим анатомическим поперечником, но более коротким и потому с меньшим весом, чем в первой группе.

Проведенная обвалка полутуш показала, что бычки первой группы, будучи более высоконогими, при убое дали туши с большим содержанием костей (на 4,08 кг) по сравнению с тушами второй группы.

В тушах первой группы на 1 кг костей приходилось 4,52 кг мякоти, в то время как в тушах второй группы 5,03 кг. Однако в целом при обвалке полутуш первой группы было получено мякоти больше на 9,9 кг или на 11,72 % (P>0,99) по сравнению со второй группой.

Результаты химического анализа показали, что различия между группами были незначительными.

Пробы мяса из туш первой группы содержали немного меньше жира по сравнению с тушами второй группы. Пробы от лопаточного и спинно-грудного отруба имели большее содержание жира в первой группе, а в пробах из бедренного отруба – во второй группе. Содержание воды в пробах мяса колебалось в пределах 65,7-71,2 % в первой группе и 67,0-72,6 % во второй группе, и в большинстве случаев имело обратную зависимость с количеством жира.

Различий в содержании белка между группами практически не было, содержание его колебалось в пределах 19,41-20,88 % в первой группе и 20,12-20,96 % во второй группе.

Заметные различия имели место по содержанию жира в отдельных отрубах, при этом характер его распределения был одинаковым как в первой, так и во второй группе. Наибольшее количество жира содержалось в спинногрудном отрубе, затем в порядке уменьшения количества жира следуют бедренная часть и лопаточная части.

На основании химического анализа средних проб мяса мы можем получить предоставление главным образом о содержании жира в туше, что является недостаточным для суждения о качестве мяса.

Как показали результаты химического анализа, отдельные мускулы различаются по содержанию воды, жира и протеина (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты химического анализа проб мяса из отдельных мускулов, %, (n=3)

Наименование проб мяса	Вода	Жир	Протеин	Зола
1-я группа				
Длиннейший мускул спины	75,53	1,06	22,42	1,08
Поясничный большой мускул	74,90	1,99	21,92	1,11
Полусухожильный мускул	75,47	0,77	22,68	1,10
Четырехглавый мускул бедра	75,57	1,15	22,16	1,10
Трехглавый мускул плеча	75,99	1,18	21,74	1,09
2-я группа				
Длиннейший мускул спины	74,41	1,86	22,73	1,06
Поясничный большой мускул	74,86	2,57	21,06	1,13
Полусухожильный мускул	74,91	1,89	22,18	1,17
Четырехглавый мускул бедра	75,96	1,21	21,68	1,12
Трехглавый мускул плеча	75,05	1,37	22,59	1,08

Количество жира во всех мускулах животных 1-й группы было меньше, чем у животных во 2-й группе. Это согласуется с содержанием жира в средних пробах и указывает на связь общего количества жира в туше с содержанием внутримышечного жира. Наибольшее количество жира содержалось в большом поясничном мускуле, по другим мускулам количество жира в тушах первой и второй групп животных не совпадает. Так, например, наименьшее количество жира в тушах животных первой группы было в полусухожильном мускуле, в тушах животных второй группы – в четырёхглавом мускуле бедра.

Содержание протеина в средних пробах было почти одинаковым как в тушах первой, так и второй групп. Содержание протеина в отдельных мускулах колебалось в тушах 1-й группы от 21,74 % в трёхглавом мускуле плеча до 22,68 % в полусухожильном мускуле. В тушах 2-й группы – от 21,06 % в большом поясничном мускуле до 22,76 % в длиннейшем мускуле спины. Характер изменения содержания протеина в отдельных мускулах был различным в сравниваемых группах.

Количество золы в пробах туш первой и второй групп было почти одинаковым. Незначительное различие, имевшее место в содержании золы между средними пробами и пробами из отдельных мускулов, зависели от различного содержания жира.

Калорийность 1 кг мяса в тушах первой группы была 1767 кал и второй группы – 1903 кал. Однако туши первой группы, имевшие большую массу, превосходили по общей калорийности мяса туши второй группы. Общая калорийность мяса туши в первой группе составляла 166,5 тыс. кал и во второй группе 160,7 тыс. кал.

Цвет и влагосвязывающая способность мяса в нашей работе определялись только в пробах из мускулов.

Цвет трёхглавого мускула плеча оказался темнее в тушах первой группы, а остальных трёх – второй группы. Более высокую влагосвязывающую способность в тушах первой группы имели трёхглавый мускул плеча и полусухожильный мускул, а в тушах второй группы – длиннейший мускул спины, большой поясничный и четырёхглавый мускул бедра (табл.3).

Таблица 3 – Физико-химические показатели качества мяса

Наименование проб мяса	1-я группа		2-я группа		В среднем по двум группам	
	Цвет мяса, ед. экстинкции х 1000	Влагоемкость мяса,%	Цвет мяса, ед. экстинкции х 1000	Влагоемкость мяса,%	Цвет мяса, ед. экстинкции х 1000	Влагоемкость мяса,%
Трехглавый мускул плеча	233,0	62,57	216,0	54,0	224,5	58,28
Длиннейший мускул спины	119,0	57,53	256,0	59,01	187,5	58,26
Поясничный большой мускул	231,0	51,27	322,0	56,74	276,5	54,00
Полусухожильный мускул	161,0	53,27	184,0	51,95	122,5	52,61
Четырехглавый мускул бедра	х	56,64	х	56,72	х	56,68

Изучение цвета и влагосвязывающей способности мяса проводилось, главным образом, с целью изучения изменения этих признаков в отдельных мускулах.

Наиболее высокой влагосвязывающей способностью обладает трёхглавый мускул плеча и длиннейший мускул спины и наименьшей – полусухожильный мускул. По цвету мяса получились несколько иные результаты – полусухожильный мускул, который и по внешнему виду выглядел светлее других мускулов, имел наименьший показатель экстинкции, а наиболее тёмным был поясничный большой мускул. Остальные мускулы также различались по цвету и влагосвязывающей способности.

Хотя цвет и влагосвязывающая способность и определяют качество мяса, но все же более важным признаком, определяющим качество мяса, является его нежность. По результатам определения нежности мяса установлено, что аналогичные пробы мяса как в первой, так и во второй группе имели одинаковую нежность.

В то же время исследованные отдельные мускулы различались по этому показателю. Самым нежным оказался большой поясничный мускул, он имел наименьшее содержание соединительной ткани и потребовал наименьшего усилия на разрезание образца мяса. Усилие, затрачиваемое на разрезание пробы мяса у отдельных мускулов, колебалось от 2,03 кг до 4,71 кг.

Заключение

Бычки абердин-ангусской породы крупного типа превосходят сверстников мелкого типа по мясной продуктивности. В 18-меясчном возрасте бычки крупного типа достигли массы 442 кг, а мелкого – 413 кг (P>0,99). При обвалке полутуш бычков крупного типа было получено мякоти больше на 9,9 кг (P>0,99) по сравнению с бычками мелкого типа.

Химический анализ различных проб мяса показал, что туши первой группы содержали несколько меньше жира по сравнению со второй группой – как общего количества в средних пробах, так и внутримышечного в пробах из мускулов. Различия между группами по другим показателям были незначительными. Наибольшее количество жира было в отрубах, дающих лучшие сорта мяса – бедренном и спинногрудном, несколько меньше количество жира содержалось в лопаточной части, дающей мясо второго сорта. Из мускулов наибольшее количество жира содержалось в самом нежном большом поясничном мускуле. По влагосвязывающей способности, цвету мяса, его нежности различий между группами не было. В то же время в пределах туши различные мускулы заметно различались по сопротивлению резанию мяса.

Список литературы

1.Productivity and quality of meat from Kalmyk bull calves stimulated by immunomodulating agents/ V.A. Pogodaev, V.V. Golembovsky, V.I. Komlatsky, L.F. Velichko and L.I. Konkov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 (2021) 012134 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/624/1/012134.

2.Породный состав в племенном мясном скотоводстве / Л.П. Боголюбова, С.В. Никитина, Е.А. Матвеева, Е.Е. Тяпугин // Молочное и мясное скотоводство .– 2021.– №1.– С. 10 – 12. DOI:10.33943/MMS.2021.29.45.002.

3.Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации реалии и перспективы / Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Мещеров Р.К. и др. // Молочное и мясное скотоводство.– 2020. –№2.– С. 2–7. DOI:10.33943/MMS.2020.40.30.001

4.Формирование мясной продуктивности бычков абердин-ангусской породы при различной длительности производственного цикла / Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А., Смакуев Д.Р. [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева.– 2018. –№ 4. (40).– С.60–65. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38230403.

5.Improving the physiological and biochemical status of high-yielding cows through complete feedinG / L. Morozova, I. Mikolaychik, M. Rebezov, N. Fedoseeva, S. Safronov, M. Derkho, V. Kosilov, R. Fatkullin, K.S.Aikumis//International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. T. 12. № S1. C. 2181–2191. doi:10.31838/ijpr/2020.SP1.319.

6.Хакимов, И.Н. Зависимость упитанности мясного скота от живой массы и её коррекция уровнем кормления / И.Н. Хакимов, Р.М. Мударисов, А.Л. Акимов //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 19–26. DOI: 10. 12737/20409.

7.Productivity of Simmentals Livestock of Austrian Breeding in Climatic Conditions of the Karachay- Cherkess Republic / Valery Kulintsev, Muhamed Shakhmurzov, Anatoly Shevkhuzhev, Vladimir Pogodaev, Dagir Smakuev // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-9 Issue-1, October 2019, 4561–4564, Retrieval Number: A1814109119/2019©BEIESP. DOI: 10.35940/ijeat.A1814.10911.

8.Overview of feed granulation technology and technical means for its implementation / Blagov D.A., Gizatov A.Ya., Smakuyev D.R., Kosilov V.I., Pogodaev V.A., Tamaev S.A.// В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 613(1). 012018. doi:10.1088/1755-1315/613/1/012018.

9.The composition and properties of young cattle nutrition enriched with the additive “Tanrem”/ A A Nigmatyanov, E Z Nafikova, N A Fedoseeva, T V Rybchenko, S Yu Kontsevaya and V A Pogodaev // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 613 (2020) 012091. doi:10.1088/1755-1315/613/1/012091.

10.Properties of morphogenesis of functional groups and particular skeletal muscles in red steppe young stock under Southehern urals conditions / V.I. Levakhin, V.I.Kosilov, S.I. Mironenko, D.A. Andrienko, E.A. Azhmuldinov// Russian Agriculural Sciences. – 2015. – V.41. № 6. – P. 481–484. doi.org/10.3103/S1068367415060130.

11.The use of single-nucleotide polymorphism in creating a crossline of meat simmentals/ S D Tyulebaev, M D Kadysheva, V G Litovchenko, V

I Kosilov, V M Gabidulin// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 341 (2019) 012188. doi:10.1088/1755-1315/341/1/012188.

12.Хакимов, И.Н. Сортовой состав туш молодняка герефордской породы разных генотипов / И.Н. Хакимов, Р.М. Мударисов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. - С. 8–13. DOI: 10.12737/20402.

13.Effects of leptin gene polymorphism on beef cattle performance/ T.A. Sedykh, R.S. Gizatullin, V.I. Kosilov, L.A.Kalashnikova// Russian Agricultural Sciences. 2020. Т. 46. № 6. С. 614-618. doi:10.3103/S1068367420060166.

14.Мысик, А.Т. Современные технологии в мясном скотоводстве при разведении абердин-ангусской породы / А.Т. Мысик, Е.Н. Усманова, Л.И. Кузякина // Зоотехния. –2020.– №8.– С.25–28. DOI:10.25708/ZT.2020.61.12.007.

15.Характеристика племенной базы абердин-ангусской и калмыцкой пород скота в Российской Федерации / Дюльдина А.В., Тяпугин Е.Е., Тяпугин С.Е., Боголюбова Л.П. // Зоотехния.–2020.– №2. – С. 19–23. DOI: 10.25708/ZT.2020.21.61.007.

16.Чинаров, А.В. Племенные ресурсы мясного скотоводства России / А.В. Чинаров // Молочное и мясное скотоводство.– 2020. –№5. –С.2–5. DOI: 10.33943/MMS.2020.91.99.001.

17.Хакимов, И.Н. Балльная оценка упитанности мясных коров и её взаимосвязь с промерами тела // И.Н. Хакимов, Р.М. Мударисов, А.Л. Акимов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 40–46. DOI: 1/ 12737/37338.

18.Genetic aspects for meat quality of purebred and crossbred bull-calves/ T.S. Kubatbekov, V.I. Kosilov, Yu.A. Yuldashbaev, H.A. Amerkhanov, F.M. Radjabov, A.A. Salikhov, H.B.Garyaev// Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2020. Т. 8. № S3. С. 38-42. doi: 10.17582/journal.aavs/2020/8.s3.38.42.

19.Nitrogen balance in energy-carbohydrate-fed cows /A A Nigmatyanov, A V Pleshkov, N A Fedoseeva, O A Konovalova, N V Pristach and V I Kosilov// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 613 (2020) 012090. doi:10.1088/1755-1315/613/1/012090.

20.Особенности телосложения бычков разных генотипов/ Косилов В.И., Комарова Н.К., Ребезов М.Б. [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета.– 2020. –№ 5–(85). –С. 182–185. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-182-185.

THE CHEMICAL COMPOSITION AND PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF MUSCLE TISSUE OF ABERDEEN-ANGUS BULLS OF DIFFERENT BODY TYPES

Shevkhuzhev Anatoly F., *Doctor of Agricultural Science, Professor, Chief Researcher, FSBSI "North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center", Stavropol Territory,*
Mikhailovsk, shevkhuzhevaf@yandex.ru

Vorokov Vitaly Kh., *Doctor of Agricultural Science, Professor, Dean of the Faculty of Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University Named after I.T. Trubilin", animal-husbandry@kubsau.ru*

Kozhokov Mukhamed K., *Doctor of Biological Science, Professor, Head of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, muchkog@yandex.ru*

Taov Ibrahim Kh., *Doctor of Agricultural Science, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, taova_m@mail.ru*

Bittirov Anatoly M., *Doctor of Biological Science, Professor, Faculty of Veterinary Medicine and Biotechnology, bam_58a@mail.ru*

Kabardino-Balkarian GAU, Nalchik

Problem and purpose. *The purpose of this work was to determine the chemical composition and physical-chemical properties of the muscle tissue of Aberdeen-Angus bulls, depending on body types.*

Methodology. *Experimental studies were carried out at Hammer LLC in the Karachayevo-Cherkessian Republic in 2020-2021. For the experiment, 14 bulls were selected for each group from the offspring of four large bulls and three small bulls of Aberdeen-Angus breed. The average age of the bulls of the first group at weaning was 8 months 22 days, and the bulls of the second group were 8 months 20 days. After the control breeding, a control slaughter of bulls at 18 months of age was carried out. For the control slaughter, 3 of the most typical animals of the same age were selected from each group. To characterize the full clarity of the carcasses, they were measured. Chemical analysis of meat was carried out according to generally accepted methods.*

Results. *The bulls of the first group had a higher pre-slaughter weight (by 31.4 kg) and heavy carcasses compared to the bulls of the second group (by 28.3 kg, P>0.99). The bulls of the first group, being higher-legged, produced carcasses with a high bone content (by 4.08 kg) during slaughter. The chemical analysis of various meat samples showed that the carcasses of the first group contained slightly less fat in comparison with the second group, both in the total amount in the average samples and intramuscularly in the muscle samples. Differences between groups for other indicators were negligible.*

Conclusion. *The largest amount of fat was in the cuts that gave the best sorts of meat - round and dorsal. A slightly smaller amount of fat was contained in the scapula, which gave meat of the second grade. There were no differences between the groups in terms of moisture-binding ability, color of meat, and its tenderness.*

Key words: *bulls, Aberdeen-Angus breed, meat productivity, slaughter, musculature, chemical composition of muscle tissue, meat quality.*

Literatura

1.Productivity and quality of meat from Kalmyk bull calves stimulated by immunomodulating agents/ V.A. Pogodaev, V.V. Golembovsky, V.I. Komlatsky, L.F. Velichko and L.I. Konkov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 (2021) 012134 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/624/1/012134.

2.Porodnyj sostav v plemennom myasnom skotovodstve / L.P. Bogolyubova, S.V. Nikitina, E.A. Matveeva, E.E. Tyapugin // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo .– 2021.– №1.– S. 10 – 12. DOI:10.33943/MMS.2021.29.45.002.

3.Sostoyanie myasnogo skotovodstva v Rossijskoj Federacii realii i perspektivy / Dunin I.M., Tyapugin S.E., Meshcherov R.K. i dr. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo.– 2020. –№2.– S. 2–7. DOI:10.33943/MMS.2020.40.30.001

4.Formirovanie myasnoj produktivnosti bychkov aberdin-angusskoj porody pri razlichnoj dlitel'nosti proizvodstvennogo cikla / SHevhuzhev A.F., Pogodaev V.A., Smakuev D.R. [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva.– 2018. –№ 4. (40).– S.60–65. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38230403.

5.Improving the physiological and biochemical status of high-yielding cows through complete feedinG / L. Morozova, I. Mikolaychik, M. Rebezov, N. Fedoseeva, S. Safronov, M. Derkho, V. Kosilov, R. Fatkullin, K.S.Aikumis//International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. T. 12. № S1. S. 2181–2191. doi:10.31838/ijpr/2020.SP1.319.

6.Hakimov, I.N. Zavisimost' upitannosti myasnogo skota ot zhivoj massy i eyo korrekciya urovnem kormleniya / I.N. Hakimov, R.M. Mudarisov, A.L. Akimov //Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 1. – S. 19–26. DOI: 10. 12737/20409.

7.Productivity of Simmentals Livestock of Austrian Breeding in Climatic Conditions of the Karachay-Cherkess Republic / Valery Kulintsev, Muhamed Shakhmurzov, Anatoly Shevkhuzhev, Vladimir Pogodaev, Dagir Smakuev // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-9 Issue-1, October 2019, 4561–4564, Retrieval Number: A1814109119/2019©BEIESP. DOI: 10.35940/ijeat.A1814.10911.

8.Overview of feed granulation technology and technical means for its implementation / Blagov D.A., Gizatov A.Ya., Smakuyev D.R., Kosilov V.I., Pogodaev V.A., Tamaev S.A.// V sbornike: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 613(1). 012018. doi:10.1088/1755-1315/613/1/ 012018.

9.The composition and properties of young cattle nutrition enriched with the additive “Tanrem”/ A A Nigmatyanov, E Z Nafikova, N A Fedoseeva, T V Rybchenko, S Yu Kontsevaya and V A Pogodaev // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 613 (2020) 012091. doi:10.1088/1755-1315/613/1/012091.

10.Properties of morphogenesis of functional groups and particular skeletal muscles in red steppe young stock under Southehern urals conditions / V.I. Levakhin, V.I.Kosilov, S.I. Mironenko, D.A. Andrienko, E.A. Azhmuldinov// Russian Agriculural Sciences. – 2015. – V.41. № 6. – P. 481–484. doi.org/10.3103/S1068367415060130.

11.The use of single-nucleotide polymorphism in creating a crossline of meat simmentals/ S D Tyulebaev, M D Kadysheva, V G Litovchenko, V I Kosilov, V M Gabidulin// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 341 (2019) 012188. doi:10.1088/1755-1315/341/1/012188.

12.Hakimov, I.N. Sortovoj sostav tush molodnyaka gerefordskoj porody raznyh genotipov / I.N. Hakimov, R.M. Mudarisov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 1. - S. 8–13. DOI: 10.12737/20402.

13.Effects of leptin gene polymorphism on beef cattle performance/ T.A. Sedykh, R.S. Gizatullin, V.I. Kosilov, L.A.Kalashnikova// Russian Agricultural Sciences. 2020. T. 46. № 6. S. 614-618. doi:10.3103/S1068367420060166.

14.Mysik, A.T. Sovremennye tekhnologii v myasnom skotovodstve pri razvedenii aberdin-angusskoj porody / A.T. Mysik, E.N. Usmanova, L.I. Kuzyakina // Zootekhniya. –2020.– №8.– S.25–28. DOI:10.25708/ZT.2020.61.12.007.

15.Harakteristika plemennoj bazy aberdin-angusskoj i kalmyckoj porod skota v Rossijskoj Federacii / Dyul'dina A.V., Tyapugin E.E., Tyapugin S.E., Bogolyubova L.P. // Zootekhniya.–2020.– №2. – S. 19–23. DOI: 10.25708/ZT.2020.21.61.007.

16.CHinarov, A.V. Plemennye resursy myasnogo skotovodstva Rossii / A.V. CHinarov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo.– 2020. –№5. –S.2–5. DOI: 10.33943/MMS.2020.91.99.001.

17.Hakimov, I.N. Ball'naya ocenka upitannosti myasnyh korov i eyo vzaimosvyaz' s promerami tela // I.N. Hakimov, R.M. Mudarisov, A.L. Akimov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2020. – № 2. – S. 40–46. DOI: 1/ 12737/37338.

18.Genetic aspects for meat quality of purebred and crossbred bull-calves/ T.S. Kubatbekov, V.I. Kosilov, Yu.A. Yuldashbaev, H.A. Amerkhanov, F.M. Radjabov, A.A. Salikhov, H.B.Garyaev// Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2020. T. 8. № S3. S. 38-42. doi: 10.17582/journal.aavs/2020/8.s3.38.42.

19.Nitrogen balance in energy-carbohydrate-fed cows /A A Nigmatyanov, A V Pleshkov, N A Fedoseeva, O A Konovalova, N V Pristach and V I Kosilov// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 613 (2020) 012090. doi:10.1088/1755-1315/613/1/012090.

20.Osobennosti teloslozheniya bychkov raznyh genotipov/ Kosilov V.I., Komarova N.K., Rebezov M.B. [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.– 2020. –№ 5– (85). –S. 182–185. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-182-185.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.43.068.4 DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.010

АНАЛИЗ СИСТЕМ УДАЛЕНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА (NO_x) ИЗ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

БЕГУНКОВ Тимофей Николаевич, *аспирант кафедры автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, tbegunkov@gmail.com*

Проблема и цель. *Дизельные двигатели отличаются высокой эффективностью, долговечностью и надежностью, а также низкими эксплуатационными расходами. Эти важные особенности делают их наиболее предпочтительными двигателями, особенно для транспортных средств большой грузоподъемности. Потребность в мобильных энергетических средствах с дизельными двигателями внутреннего сгорания в качестве энергетических установок в условиях сельскохозяйственного производства огромна. Целью анализа явилась потребность в разработке нового устройства для удаления опасных соединений из отработавших газов дизельных двигателей и обосновании его параметров.*

Методы и объекты исследования. *Главным объектом исследования данной работы являются отработавшие газы, генерируемые энергетическими установками в виде дизельных двигателей внутреннего сгорания, поэлементный состав газов, их воздействие на человека, животных и окружающую среду. Рассмотрены методы снижения их вредоносного воздействия, нейтрализации опасных составляющих элементов или их преобразования до безопасных соединений, не угрожающих негативным воздействием на человека, животных и окружающую среду.*

Результаты. *Поиск по теме проводился в отечественных и зарубежных источниках. Анализирован качественный и количественный состав отработавших газов дизельных двигателей, воздействие составляющих элементов газов на окружающую среду. Изучены нормативно-правовые акты, регламентирующие экологическую безопасность и природоохранную деятельность в Российской Федерации и Европейском Союзе. Дана их сравнительная характеристика, найдены общие точки взаимодействия. Исследованы основные методы борьбы с опасными соединениями в отработавших газах. Проведена сравнительная характеристика их эффективности. Рассмотрена возможность введения передовых разработок в эксплуатацию на используемых мобильных энергетических средствах с низкими показателями экологической эффективности. Описаны основные методики разработки научно-технических решений, позволяющих сократить экологический ущерб, наносимый отработавшими газами энергетических установок рабочему персоналу, сельскохозяйственным животным, растениям и окружающей среде.*

Заключение. *В результате поставлена специализированная узконаправленная задача по разработке устройства, способного сократить вредное воздействие токсичных веществ, содержащихся в отработавшем газе дизельных двигателей.*

Ключевые слова: *отработавшие газы, дизельные двигатели, экологические показатели, впрыск реагента, качество впрыска, опасные соединения, мобильные энергетические установки.*

Введение

Использование мобильных энергетических средств (МЭС) с дизельными двигателями внутреннего сгорания (ДВС) в сельском хозяйстве экономически целесообразно. Однако при эксплуатации МЭС с дизельными ДВС возникает ряд проблем, требующих внимания. Экологические аспекты эксплуатации дизельных двигателей ярко проявляются в любых условиях их применения.

Дизельные двигатели считаются одними из крупнейших источников загрязнения окружающей среды, вызванного выбросами вредных соединений с отработавшими газами. Углерод (C) и водород (H_2) формируют основу дизельного топлива, как и большинство других ископаемых видов топлива. Основными продуктами сгорания нефтяных топлив, генерируемыми в камерах сгорания двигателя, при идеальном термодинамическом цикле являются углекислый газ (CO_2), вода (H_2O) и азот (N_2) [1]. В реальных условиях реакции протекают не полностью, поэтому промежуточные соединения присутствуют в отработавшем газе. На это влияют многие причины (соотношение воздух-топливо, время зажигания, турбулентность в камере

© Бегунков Т. Н., 2021 г.

сгорания, форма сгорания, температура сгорания и т. д.), поэтому в процессе сгорания образуется ряд вредных продуктов. Наиболее значительными вредными продуктами являются угарный газ (CO), углеводороды (HC), оксиды азота (NO_x) и твердые частицы сажи (PM) [1,6].

На рисунке 1 показан примерный состав отработавшего газа дизельного двигателя [2]. Загрязняющие вещества в составе отработавших газов дизеля составляют менее 1 %. NO_x имеет самую высокую долю в составе выбросов загрязняющих веществ дизельными двигателями (около 50 % от всех загрязняющих веществ). После выбросов NO_x PM занимает второе место по количеству выбросов загрязняющих веществ, потому что дизельные двигатели работают в условиях обедненной топливовоздушной смеси, характеризуемой высоким коэффициентом избытка воздуха, а концентрации CO и HC минимальны. Кроме того, в составе загрязняющих веществ присутствует небольшое количество оксидов серы (SO_2), количество их зависит от технических характеристик и качества топлива; возникают из сульфатов, содержащихся в дизельном топливе. В настоящее время не существует какой-либо системы последующей обработки, такой как каталитический нейтрализатор, для удаления SO_2. Большинство потребителей предпочитают дизельное топливо с ультранизким содержанием серы (ULSD) для предотвращения вредного воздействия SO_2. С 2006 года почти все дизельное топливо на нефтяной основе, доступное в Европе и Северной Америке, относится к типу ULSD [4].

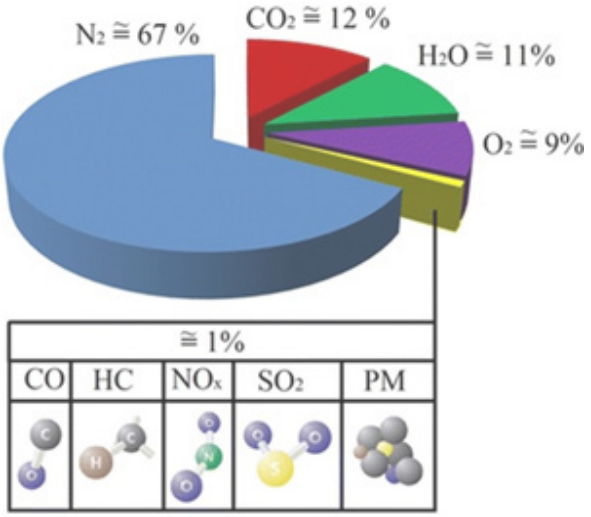


Рис. 1 – Состав отработавших газов дизельных двигателей

Отдельного рассмотрения заслуживают оксиды азота NO_x – вредные для человека и окружающей среды соединения, присутствующие в ОГ дизельных двигателей. Так как их концентрация высока, это заставляет находить пути решения нейтрализации этих соединений.

Объекты и методы исследования

В дизельных двигателях используется сильно сжатый горячий воздух для воспламенения топлива. Воздух, состоящий в основном из кислорода и азота, первоначально поступает в камеру сгорания. Затем он сжимается, и топливо впрыскивается непосредственно в этот сжатый воздух примерно в верхней части такта сжатия в камере сгорания. Топливо сгорает, выделяется тепло. В нормальных условиях азот воздуха не реагирует с кислородом в камере сгорания, и он выпускается из двигателя вместе с ОГ. Однако высокие температуры (выше 1600 °C) в цилиндрах заставляют азот реагировать с кислородом и генерировать NO_x. Таким образом, не будет ошибкой сказать, что основными факторами, влияющими на образование NO_x, являются высокая температура и концентрация кислорода в процессе сгорания.

Количество сгенерированного NO_x является функцией максимальной температуры в цилиндре, концентрации кислорода и времени пребывания их в камере сгорания. Большая часть выбрасываемых NO_x образуется в начале процесса сгорания, когда поршень все еще находится в верхней мертвой точке, в момент, когда температура пламени самая высокая. Повышение температуры сгорания увеличивает количество NO_x в три раза на каждые 100 °C.

Оксиды азота включают в себя как оксид азота (NO), так и диоксид азота (NO_2). NO составляет 85-95 % NO_x. Он постепенно превращается в NO_2 в атмосферном воздухе. Хотя NO и NO_2 объединены в NO_x, между этими двумя загрязняющими веществами есть некоторые существенные различия. NO представляет собой бесцветный газ без запаха, а NO_2 представляет собой красновато-коричневый газ с резким запахом.

NO и NO_2 считаются токсичными; но уровень токсичности NO_2 в пять раз выше, чем уровень токсичности NO; NO_2 является прямой проблемой заболевания легких человека. Диоксид азота может раздражать легкие и снижать устойчивость к респираторным инфекциям (таким как грипп). Выбросы NO_x являются предшественниками кислотных дождей, которые могут влиять как на наземные, так и на водные экосистемы. Диоксид азота, находящийся в воздухе, также способствует образованию мутных взвесей в атмосфере, состоящих из разных загрязняющих веществ, которые ухудшают видимость.

В современном мире, во всех сферах народного хозяйства, защита окружающей среды стала одной из главных тем. Из-за неблагоприятного воздействия выбросов, формируемых дизельными двигателями на здоровье и окружающую среду, правительства выдвигают требования к допустимым нормам выбросов отработавших газов. Европа разработала стандарты “евро”, которые с 1993 года постоянно ужесточаются с уровня евро I до евро VI, действующего в данный момент. В таблице приведены европейские стандарты для транспортных средств большой грузоподъемности.

Таблица – Европейские стандарты Европейского Союза для транспортных средств большой грузоподъемности

	CO(г/кВт• ч)	HC (г/кВт•ч)	NOx (г/кВт•ч)	PM (г/кВт•ч)
ЕВРО I	4.5	1.1	8.0	0.61
ЕВРО II	4	1.1	7.0	0.15
ЕВРО III	2.1	0.66	5.0	0.13
ЕВРО IV	1.5	0.46	3.5	0.02
ЕВРО V	1.5	0.46	2.0	0.02
ЕВРО VI	1.5	0.13	0.4	0.01

Экспериментальная часть

Значения выбросов, которые были все более строгими изо дня в день, заставляли производителей транспортных средств работать над сокращением выбросов загрязняющих веществ. В исследованиях, которые проводились в течение десятилетий, основное внимание уделялось модификациям двигателя, системам впрыска топлива с электронным управлением и улучшению свойств топлива. Тем не менее, эти меры не помогли добиться сокращения выбросов, соответствующих стандартам. Желаемые уровни выбросов могут быть достигнуты только с помощью систем, удаляющих загрязняющие вещества из отработавших газов после того, как они покинут двигатель, непосредственно перед выпуском в окружающую среду. Большинство исследований были проведены по снижению выбросов NO_x, поскольку содержание NO_x в отработавших газах дизельных двигателей имеет самый высокий процент среди выбросов всех загрязняющих веществ. Из исследований, проведенных до настоящего времени, наибольшую популярность заслужили системы рециркуляции отработавших газов (EGR), каталитической ловушки NO_x или каталитического конвертера (LNT) и селективного каталитического восстановления (SCR). Эти системы являются наиболее сфокусированными технологиями, позволяющими существенно сократить выбросы NO_x [8,9,16].

В системах рециркуляции отработавших газов для снижения выбросов NO_x отработавшие газы возвращаются обратно в камеру сгорания и смешиваются со свежим воздухом при такте впуска. Следовательно, эффективность сгорания ухудшается, что приводит к снижению температуры сгорания, это способствует уменьшению образования NO_x. EGR имеет широкое распространение в транспортных средствах с дизельными двигателями. Тем не менее; эта система не позволяет достичь исключительно высокой эффективности снижения выбросов NO_x. Кроме того, благодаря снижению температуры в цилиндре, эта технология генерирует увеличение выбросов HC и CO [15,17].

Технология LNT, также называемая каталитическим нейтрализатором NO_x (NSR) или адсорбирующим катализатором NO_x (NAC), была разработана для снижения выбросов NO_x, особенно в условиях обедненной смеси. При работе двигателя на обедненной топливно-воздушной смеси LNT накапливает NO_x на промывочном катализаторе. Затем в условиях обогащенной топливно-воздушной смеси он выделяется и реагирует с NO_x обычными реакциями трехстороннего типа. Катализатор LNT в основном состоит из трех ключевых компонентов. Этими компонентами являются катализатор окисления (платина (Pt)), среда хранения NO_x (барий (Ba) и/или другие оксиды) и катализатор восстановления (родий (Rh)). В технологии LNT катализаторы на основе платины являются наиболее используемыми из-за их эффективной работы по снижению NO_x при низкой температуре и стабильности их к воде и сере.

Подобно технологии EGR, технологии LNT недостаточны для обеспечения желаемого сокращения выбросов NO_x. Технология SCR – это перспективная новая технология, которая интересует многих исследователей. Ее совершенствование и модификация могут привести к необходимому результату по снижению токсичности отработавших газов [1,3,18].

Селективная каталитическая нейтрализация (SCR). SCR – это еще одна технология, позволяющая снизить выбросы NO_x. Ее разработка осуществлялась целенаправленно для автомобилей большой грузоподъемности. SCR используется для минимизации выбросов NO_x в отработавших газах с использованием аммиака (NH_3) в качестве восстановителя. Из-за токсического воздействия NH_3, аммиак выделяется непосредственно перед реакцией с NO_x в отработавших газах из водного раствора мочевины. Этот раствор получают путем смешивания 33 % мочевины $CO(NH_2)_2$ и 67 % чистой воды по массе [7].

Чтобы получить высокую эффективность, количество NH_3 должно контролироваться как можно точнее. Высокое содержание NH_3 может привести к нежелательному аммиаку. Распыляя раствор в отработавших газах, в результате испарения чистой воды твердые частицы мочевины начинают плавиться, и происходит термолиз, как видно из уравнения:

$$(NH_2)_2CO \rightarrow NH_3 + HNCO \text{ (термолиз)}$$

$(NH_2)_2CO \rightarrow NH_3 + HNCO$ (термолиз) (1)

NH_3 и изоциановая кислота образуются в реакции термолиза. NH_3 участвует в реакциях системы катализатора SCR, в то время как изоциановая кислота переходит с водой в реакции гидролиза. Дальнейший NH_3 производится этим гидролизом:

[уравнение (2)].

$HNCO + H_2O \rightarrow NH_3 + CO_2$(гидролиз)$HNCO + H_2O \rightarrow NH_3 + CO_2$ (гидролиз) (2)

Реакции термолиза и гидролиза протекают быстрее, чем реакции катализа в SCR. Две молекулы аммиака образуются в мочевине в результате реакций термолиза и гидролиза. Эффективность реакций с образованием NH_3 из мочевины во многом зависит от температуры выхлопных газов. Хотя температура плавления мочевины составляет 133 °C, в различных исследованиях указывается, что термолиз начинается при 143, 152, 160 °C. Преобразование водного раствора мочевины в NH_3 начинается во время распыления, но полное превращение не завершается при входе в катализатор. Половина от общего количества разложения мочевины до NH_3 происходит до входа в катализатор. Таким образом, эффективность преобразования теоретически составляет 50 % от входа в катализатор. Однако осуществление реакции гидролиза в газовой фазе перед входом в катализатор повышает эффективность конверсии из-за температуры выхлопных газов. После термолиза и гидролиза химические реакции, которые происходят в катализаторе SCR, показаны ниже:

$4\ NO + 4\ NH_3 + O_2 \rightarrow 4\ N_2 + 6\ H_2O$ $4\ NO + 4\ NH_3 + O2 \rightarrow 4\ N_2 + 6\ H_2O$ (3)

$2\ NO + 2\ NO_2 + 4\ NH_3 \rightarrow 4\ N_2 + 6\ H_2O$ $2\ NO2 + 4\ NH3 \rightarrow 4\ N2 + 6\ H2O$ (4)

$6\ NO_2 + 8\ NH_3 \rightarrow 7\ N_2 + 12\ H_2O$ $6\ NO_2 + 8\ NH_3 \rightarrow 7\ N_2 + 12\ H_2O$ (5)

Скорость реакций SCR может быть указана как «4>3>5». Скорость реакции в формуле (4) выше, чем в других реакциях. Реакция уравнения (3) реализуется в отсутствие какого-либо катализатора окисления перед катализатором SCR. Следовательно, скорость реакции снижается и достигается снижение эффективности преобразования выбросов NO_X. Реакция уравнения (5) будет иметь место, если оптимизируется размер и количество материала катализатора окисления. Благодаря высокой скорости реакции преобразования выбросов NO_X осуществляются эффективно. Соотношение $NO:NO_2$ 1:1 показывает максимальную производительность SCR. По этой причине необходимо установить соотношение $NO:NO_2$ около 1:1 [2,7].

Система SCR может работать при температурах от 200 до 600 °C. Реакции обычно начинаются при 200 °C, а максимальная эффективность превращения достигается при 350 °C. При температурах ниже 200 °C образуются синильная кислота, меламин, амелид и амелин вследствие реакций разложения раствора мочевины. Эти компоненты могут накапливаться на стенках выхлопной системы и приводить к нежелательным результатам. Чтобы предотвратить эти образования, распыление раствора мочевины начинается при температуре отработавших газов выше 200 °C. Кроме того, температуры выше 600 °C приводят к сгоранию NH3 перед реакцией с выбросами NO_X [14].

Исследования систем SCR были углублены для проектирования системы доставки мочевины, катализатора, состава раствора для впрыска, давления впрыска и времени распыления [1,5.]

V_2O_5-WO_3/TiO_2, Fe-ZSM_5, Cu-ZSM_5 и Ag/Al_2O_3 являются наиболее часто используемыми катализаторами, и многие исследования направлены именно на эти типы катализаторов. Во многих исследованиях, проведенных на этих катализаторах, эффективность конверсии выбросов NOx была более чем 90 %. Катализаторы на основе TiO_2, легированного вольфрамом с использованием ванадия в качестве активного компонента, являются наиболее применяемыми катализаторами для SCR из-за их высокой активности даже при низкой температуре и высокой селективности по NO_2. В отличие от этих оснований, катализаторы Ag-Al_2O_3 обладают относительно низкой активностью при низкой температуре отработавших газов [1].

Качество впрыска мочевины и ее смешивание чрезвычайно важны. Получение показателей о составе мочевины, временных и объемных данных по впрыску, которые будут эффективны, требуют детальной проработки и лабораторных испытаний. Многие исследования были проведены для определения влияния качества капель мочевины на эффективность преобразования. Это показывает, что впрыск мочевины является важным показателем эффективности конверсии. Это может повлиять на эффективность преобразования NO_x до 10 % [13].

С помощью систем удаления опасных соединений из отработавших газов после их выпуска из камеры сгорания можно уменьшить ущерб от выбросов загрязняющих веществ и в результате выполнить нормы и требования по выбросам, а также предотвратить вредное воздействие выбросов загрязняющих веществ на окружающую среду и здоровье человека. Благодаря таким миссиям эти системы имеют первостепенное значение во всем мире. Для полной ликвидации загрязняющих выбросов дизельных двигателей следует продолжать дальнейшие исследования в этой области.

За последние годы было проведено множество исследований, связанных с нейтрализацией оксидов азота (NO_x) из потока отходящих газов, с использованием в качестве реагента озона (O_3). Системы SCR дают хорошие результаты, но также не лишены недостатков. В качестве альтернативной технологии дожигания недавно с успехом внедрена технология окисления озоном. Способы с использованием озона основаны на принципе удаления нескольких загрязнений и реализованы в отношении топочных газов, образующихся в бойлерах, работающих на газе и угле, при этом обеспечивается удаление множества загрязнений, включая оксиды азота, оксиды серы, твердые частицы и т.д. [10,12].

В таких системах используется способность оксидов азота вступать в реакцию с озоном с образованием оксидов азота с большей степенью окисления, в частности, пятивалентной формы или выше, которые хорошо растворимы в воде и без труда удаляются путем мокрой очистки. Стехиометрическое количество озона, необходимое для преобразования одного моля NO_X, присутствующих в форме NO, в пятивалентную форму, со-

ставляет около 1,5 молей озона, и 0,5 моля, если NO_X присутствуют в форме NO_2. Такие системы актуальны и для применения на МЭС и автомобильном транспорте [10]. Их адаптация для эксплуатации на МЭС является интересной и сложной научно-технической задачей.

Заключение

В ходе анализа существующих систем нейтрализации оксидов азота из отработавших газов и перспективных разработок иностранных ученых выясняется необходимость проведения дальнейших исследований для адаптации новейших систем. Их интеграция в промышленное производство поможет снизить ущерб, наносимый МЭС окружающей среде, производственным рабочим, растениям и животным.

Список литературы

1. Технология катализаторов: учебное пособие / В.А. Таранушич, А.П. Савостьянов, С.И. Сулима, Н.Д. Земляков, В.Г. Бакун, Г.Б. Нарочный, В.Б. Ильин, В.В.Пономарев; Юж.- Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. – 96 с.URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=25489935
2. Кузьмин, Н. А. Автомобильный справочник-энциклопедия : Справочное пособие / Н. А. Кузьмин, В. И. Песков. – Москва : Форум, 2011. – 286 с. – ISBN 9785911345358..: ил.URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=19645536
3. Богатырев, А. В. Электронные системы мобильных машин : Учебное пособие / А. В. Богатырев. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2016. – 224 с. – (Бакалавриат). – ISBN 9785160066387.URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=24623440
4. Синицын, А.К. Основы технической эксплуатации автомобилей : учеб, пособие / А.К. Синицын. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: РУДН, 2011.- 282 cURL:https://elibrary.ru/item.asp?id=20245327
5. Гребнев, В. П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства / В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин. – 3-е издание. – Москва : Компания КноРус, 2018. – 260 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 9785406062401. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=29936735
6. Барышников, С. А. Требования к топливоподающим системам дизеля / С. А. Барышников, Д. Е. Девяткин, Н. Машрабов // Сервис технических систем - агропромышленному комплексу России : Материалы международной научно-практической конференции, Челябинск, 29–31 марта 2017 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования; ФГБОУ ВО "Южно-Уральский государственный аграрный университет". – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2017. – С. 30-36. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=29223324
7. Повышение эксплуатационной надежности и экологической безопасности автомобильного транспорта / Д. В. Стенин, А. В. Кудреватых, Д. В. Цыганков [и др.]. – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2018. – 216 с. – ISBN 9785906969842. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=35307281
8. Хорош, А. И. Дизельные двигатели транспортных и технологических машин : учебное пособие / А. И. Хорош, И. А. Хорош ; А. И. Хорош, И. А. Хорош. – 2-е изд., испр.. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2012. – 702 с. – ISBN 9785811412785. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=19647623
9. Промышленно-транспортная экология : учебное пособие / Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Таганрогский фил. Донского гос. технического ун-та ; [Телеш А. Д., Павленко А. В.]. – Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2008. – 49 с. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=19641333
10. Патент № 2645987 C2 Российская Федерация, МПК B01D 53/56, B01D 53/75, B01D 53/78. Способ и устройство для удаления примесей из выхлопных газов : № 2016118683 : заявл. 07.10.2014 : опубл. 28.02.2018 / Н. Д. Сучак ; заявитель КЭННОН ТЕКНОЛОДЖИ ИНК. URL; https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=24d563fbc6b67ecc3a6269e4133d73d5
11. Каримходжаев Н., Нумонов М.З. Сравнительный анализ токсичности выхлопных газов автомобилей и пути ее снижения // Universum: технические науки электрон. научн. журн. 2020 URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10963 (дата обращения: 25.05.2021).
12. Process for the removal of impurities from gas streams/Hwang Shuen-Cheng, Saxena Neeraj, Suchak Naresh, Ferrell Robert J. Patent №US-6649132-B1,2003 URL:https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/US6649132
13. Concept and models for evaluation of black and white smoke components in diesel engine exhaust/BlyankinshteinI., AskhabovA., VoevodinE., KashuraA., MalchikovS./Transport problems 2017 Volume 12 Issue 3DOI: 10.20858/tp.2017.12.3.8DOI: 10.20858/tp.2017.12.3.8
14. Giechaskiel, B. & Schiefer, E. & Schindler, W. &Axmann, H. &Dardiotis, C. Overview of SootEmission Measurements Instrumentation: From Smoke and Filter Mass to Particle Number. SAEInternational Journal of Engines. 2013. Vol. 6. No. 1. P. 10-22. DOI:10.4271/2013-01-0138
15. Rubinoa, L. &Bonnel, P. &Carriero, M. &Krasenbrink, A. Portable Emission Measurement System (PEMS) for Heavy Duty Diesel Vehicle PM Measurement: The European PM PEMS Program. SAE International Journal of Engines. 2010. Vol. 2. No. 2. P. 660-673.DOI:10.4271/2009-24-0149
16. Pėrez, A. & Ramos, R. & Montero, G. & Coronado, M. & García, C. &Pėrez, R. Virtual instrument for emissions measurement of internal combustion engines. Journal of AnalyticalMethods in Chemistry. 2016. No. 4. P. 1-13. DOI: 10.1155/2016/9459516.
17. Badshah, H. &Khalek, I.A. Solid particle emissions from vehicle exhaust during engine start-up.SAE International Journal of Engines. 2015. Vol. 8. P. 1492-1502.DOI:10.4271/2015-01-1077

ANALYSIS OF NITROGEN OXIDES (NOX) REMOVAL SYSTEMS FROM EXHAUST GASES OF DIESEL ENGINES

Begunkov Timofey N., *Postgraduate Student, Department of Automotive and Tractor Engineering and Heat Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, tbegunkov@gmail.com*

Introduction. *Diesel engines are characterized by high efficiency, durability and reliability, as well as low operating costs. These important features make them the most preferred engines, especially for heavy duty vehicles. The demand for mobile power units with diesel internal combustion engines as power plants in agricultural production is enormous. The purpose of the analysis was the need to develop a new device for removing hazardous compounds from the exhaust gases of diesel engines and to substantiate its parameters.*
Objects and research methods. *The main object of this work is the exhaust gases generated by power plants in the form of diesel internal combustion engines. Their element composition, impact on humans, animals and the environment. Methods for reducing their harmful effects. Neutralization of hazardous constituent elements or their transformation to safe compounds that do not threaten negative effects on humans, animals and the environment.*
Analytical part. *A search on the topic was carried out in domestic and foreign sources. The qualitative and quantitative composition of the exhaust gases of diesel engines, the impact of its constituent elements on the environment are analyzed. The regulatory legal acts regulating environmental safety and environmental protection activities in the Russian Federation and the European Union have been studied. Their comparative characteristics are given, common points of interaction are found. The main methods of dealing with hazardous compounds in exhaust gases have been investigated. A comparative characteristic of their effectiveness is carried out. The possibility of introducing advanced developments into operation on the used mobile power facilities with low indicators of environmental efficiency is considered. The main methods of development of scientific and technical solutions are described, allowing to reduce the environmental damage caused by the exhaust gases of power plants to working personnel, farm animals, plants and the environment.*
Conclusions. *As a result, a specialized narrowly focused task was set to develop a device capable of reducing the harmful effects of toxic substances contained in the exhaust gas of diesel engines.*

Key words: *exhaust gases, diesel engines, environmental performance, reagent injection, injection quality, hazardous compounds, mobile power plants.*

Literatura

1.Tekhnologiya katalizatorov: uchebnoe posobie / V.A. Taranushich, A.P. Savost'yanov, S.I. Sulima, N.D. Zemlyakov, V.G. Bakun, G.B. Narochnyj, V.B. Il'in, V.V.Ponomarev; YUzh.- Ros. gos. tekhn. un-t (NPI). – Novocherkassk: YURGTU (NPI), 2012. – 96 s.URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=25489935

2.Kuz'min, N. A. Avtomobil'nyj spravochnik-enciklopediya : Spravochnoe posobie / N. A. Kuz'min, V. I. Peskov. – Moskva : Forum, 2011. – 286 s. – ISBN 9785911345358..: il.URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=19645536

3.Bogatyrev, A. V. Elektronnye sistemy mobil'nyh mashin : Uchebnoe posobie / A. V. Bogatyrev. – Moskva : Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Nauchno-izdatel'skij centr INFRA-M», 2016. – 224 s. – (Bakalavriat). – ISBN 9785160066387.URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=24623440

4.Sinicyn, A.K. Osnovy tekhnicheskoj ekspluatacii avtomobilej : ucheb, posobie / A.K. Sinicyn. — 2-e izd., pererab. i dop. — M.: RUDN, 2011.-282 sURL:https://elibrary.ru/item.asp?id=20245327

5.Grebnev, V. P. Traktory i avtomobili. Teoriya i ekspluatacionnye svojstva / V. P. Grebnev, O. I. Polivaev, A. V. Vorohobin. – 3-e izdanie. – Moskva : Kompaniya KnoRus, 2018. – 260 s. – (Bakalavriat i magistratura). – ISBN 9785406062401. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=29936735

6.Baryshnikov, S. A. Trebovaniya k toplivopodayushchim sistemam dizelya / S. A. Baryshnikov, D. E. Devyatkin, N. Mashrabov // Servis tekhnicheskih sistem - agropromyshlennomu kompleksu Rossii : Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, CHelyabinsk, 29–31 marta 2017 goda / Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii, Departament nauchno-tekhnologicheskoj politiki i obrazovaniya; FGBOU VO "YUzhno-Ural'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet". – CHelyabinsk: YUzhno-Ural'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017. – S. 30-36.URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=29223324

7.Povyshenie ekspluatacionnoj nadezhnosti i ekologicheskoj bezopasnosti avtomobil'nogo transporta / D. V. Stenin, A. V. Kudrevatyh, D. V. Cygankov [i dr.]. – Kemerovo : Kuzbasskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni T.F. Gorbacheva, 2018. – 216 s. – ISBN 9785906969842.URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=35307281

8.Horosh, A. I. Dizel'nye dvigateli transportnyh i tekhnologicheskih mashin : uchebnoe posobie / A. I. Horosh, I. A. Horosh ; A. I. Horosh, I. A. Horosh. – 2-e izd., ispr.. – Sankt-Peterburg [i dr.] : Lan', 2012. – 702 s. – ISBN 9785811412785. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=19647623

9.Promyshlenno-transportnaya ekologiya : uchebnoe posobie / Federal'noe agentstvo po obrazovaniyu Rossijskoj Federacii, Taganrogskij fil. Donskogo gos. tekhnicheskogo un-ta ; [Telesh A. D., Pavlenko A. V.]. – Rostov-na-Donu : Izd. centr DGTU, 2008. – 49 s. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=19641333

10.Patent № 2645987 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK B01D 53/56, B01D 53/75, B01D 53/78. Sposob i ustrojstvo dlya udaleniya primesej iz vyhlopnyh gazov : № 2016118683 : zayavl. 07.10.2014 : opubl. 28.02.2018 / N. D. Suchak ; zayavitel' KENNON TEKNOLODZHI INK. URL; https://www1.fips.ru/iiss/document.

xhtml?faces-redirect=true&id=24d563fbc6b67ecc3a6269e4133d73d5

11.Karimhodzhaev N., Numonov M.Z. Sravnitel'nyj analiz toksichnosti vyhlopnyh gazov avtomobilej i puti ee snizheniya // Universum: tekhnicheskie nauki elektron. nauchn. zhurn. 2020 URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10963 (data obrashcheniya: 25.05.2021).

12.Process for the removal of impurities from gas streams/Hwang Shuen-Cheng, Saxena Neeraj, Suchak Naresh, Ferrell Robert J. Patent №US-6649132-B1,2003 URL:https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/US6649132

13.Concept and models for evaluation of black and white smoke components in diesel engine exhaust/ BlyankinshteinI., AskhabovA., VoevodinE., KashuraA., MalchikovS./Transport problems 2017 Volume 12 Issue 3DOI: 10.20858/tp.2017.12.3.8DOI: 10.20858/tp.2017.12.3.8

14.Giechaskiel, B. & Schiefer, E. & Schindler, W. &Axmann, H. &Dardiotis, C. Overview of SootEmission Measurements Instrumentation: From Smoke and Filter Mass to Particle Number. SAEInternational Journal of Engines. 2013. Vol. 6. No. 1. P. 10-22.DOI:10.4271/2013-01-0138

15.Rubinoa, L. &Bonnel, P. &Carriero, M. &Krasenbrink, A. Portable Emission Measurement System (PEMS) for Heavy Duty Diesel Vehicle PM Measurement: The European PM PEMS Program. SAE International Journal of Engines. 2010. Vol. 2. No. 2. P. 660-673.DOI:10.4271/2009-24-0149

16.Pérez, A. & Ramos, R. & Montero, G. & Coronado, M. & García, C. &Pérez, R. Virtual instrument for emissions measurement of internal combustion engines. Journal of AnalyticalMethods in Chemistry. 2016. No. 4. P. 1-13. DOI: 10.1155/2016/9459516.

17.Badshah, H. &Khalek, I.A. Solid particle emissions from vehicle exhaust during engine start-up.SAE International Journal of Engines. 2015. Vol. 8. P. 1492-1502.DOI:10.4271/2015-01-1077

УДК 631.22.018 ***DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.011***

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА УРОВЕНЬ ЕГО САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

БОРЫЧЕВ Сергей Николаевич, *д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительства инженерных сооружений и механики, 89066486088@mail.ru*

ЛИМАРЕНКО Николай Владимирович, *канд. техн. наук, учебный мастер кафедры технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, доцент кафедры электротехники и электроники Донского государственного технического университета, limarenkodstu@yandex.ru*

РАКУЛ Елена Анатольевна, *канд. техн. наук, доцент кафедры автоматики, физики и математики Брянского государственного аграрного университета, wmf@bgsha.com*

УСПЕНСКИЙ Иван Алексеевич, *д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, ivan.uspensckij@yandex.ru*

ЮХИН Иван Александрович, *д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, ivan.uspensckij@yandex.ru*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Работа выполнена в рамках реализации гранта ФГБУ "Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере", договор № 3822ГС1/63200 от 19.12.2020

Проблема и цель. *Одним из перспективных факторов энергетически эффективного и экологически безопасного использования ресурсов является цифровизация процессов, позволяющая прогнозировать и оценивать состояние системы в зависимости от её исходных свойств. Утилизация бесподстилочного навоза тесно связана с этим фактором. Известно, что безопасно использовать энергетический потенциал бесподстилочного навоза невозможно без подавления имеющихся в нём патогенных биомасс, а выбор оптимального подхода к обеззараживанию во многом зависит от их исходной концентрации. Соответственно, исследование влияния технологических свойств бесподстилочного навоза – температуры, pH, влажности на число колониеобразующих единиц патогенов в нём является актуальной задачей для науки и техники. Целью настоящего исследования является разработка элементов системы цифровизированной оценки уровня экологической нагрузки животноводческих предприятий в зависимости от уровня влажности образуемых отходов на примере сви-*

© Борычев С. Н., Лимаренко Н. В., Ракул Е. А., Успенский И. А., Юхин И. А., 2021 г.

ного бесподстилочного навоза.
Методология. *Использованы методы статистической обработки экспериментальных данных с учётом модели ферментативной кинетики патогенных биомасс в свином бесподстилочном навозе, произведена оценка достоверности полученных математических зависимостей.*
Результаты. *Получены исходные данные в виде квадратичных уравнений, позволяющие прогнозировать уровень исходной концентрации колониеобразующих единиц (КОЕ) бактерий группы кишечных палочек (ОКБ), аэробных спорообразующих микроорганизмов (СПМО), стафилококков (СТФ), яиц аскариды, трихоцефала, эзофагоста, фасциола, личинок стронгилята, клещей (АСК), цист простейших и ооцистэймерий (ЦИО), а также энтерококков (ЭНТ) в зависимости от влажности бесподстилочного навоза.*
Заключение*. На основании полученных математических зависимостей разработан элемент системы цифровизации оценки уровня экологической нагрузки, создаваемой свежим бесподстилочным навозом. Развитием полученных результатов будет являться разработка базы данных закономерностей технологических свойств бесподстилочного навоза и их влияния на концентрации патогенной биомассы, как элемента программной среды цифровизации и прогнозирования санитарно-эпидемиологической нагрузки, создаваемой им.*
Ключевые слова: *утилизация, бесподстилочный навоз, прогнозирование концентрации патогенных биомасс, ферментативная кинетика.*

Введение

Бесподстилочное содержание животных приводит к образованию большого числа жидких отходов: бесподстилочного навоза, навозных стоков и т.п., представляющих существенную антропогенную и сантарно-эпидемиологическую нагрузку. Уровень санитарно-эпидемиологического воздействия оценивается концентрацией патогенной биомассы и зависит от большого числа факторов, к наиболее существенным из которых можно отнести: соотношение половозрастных групп животных, способ их содержания, тип кормления, продолжительность выращивания, агроклиматические условия, направления дельнейшего использования образованных отходов, их влажность и др. [1-5].

Для эффективной оценки потенциала и экологически безопасного использования образованных отходов необходимо знание зависимостей, позволяющих определять влияние тех или иных факторов на уровень экологической нагрузки, что также позволит разработать элементы цифровизированной системы её оценки и прогнозирования по санитарно-эпидемиологическим свойствам. Разработка данной системы является актуальной задачей для науки и техники. Известно, что сформировать обобщённую систему рекомендаций по утилизации бесподстилочного навоза для всех типов животных затруднительно ввиду многофакторности природы объекта, поэтому в рамках данного исследования рассматривался свиной бесподстилочный навоз. Анализ источников [6-9], показал, что влажность свежего бесподстилочного навоза оказывает существенное влияние на концентрации колониеобразующих (КОЕ) единиц патогенной биомассы, а зависимости, позволяющие формализовать их, в данный момент отсутствуют, что делает исследование данного вопроса важным для практики. На рисунке 1 представлен пример бесподстилочного содержания свиней с комбинированной скребково-гидросмывной системой удаления отходов через щелевые полы. Преимуществом данного подхода к содержанию является относительная безопасность содержания животных, недостатком – высокий расход жидкости для удаления отходов (от 23 до 30 литров/сутки/голову), большой объём опасных с санитарно-эпидемиологической точки зрения жидких отходов, обладающих биогенным энергетическим потенциалом.

Рис.1 – Пример бесподстилочного содержания со скребково-гидросмывной системой удаления навоза

Цель исследования – разработка элементов системы цифровизированной оценки уровня экологической нагрузки животноводческих предприятий в зависимости от уровня влажности образуемых отходов.

Материалы и методы

Объект исследования – факторы, оказывающие влияние на прогнозирование уровня экологической нагрузки, образуемой органическими отходами животноводства, предмет – зависимость числа колониеобразующих единиц (КОЕ) патогенной биомассы от влажности бесподстилочного навоза.

В качестве наиболее представительных параметров, характеризующих уровень экологической нагрузки бесподстилочного навоза, были приняты: число КОЕ бактерий группы кишечных палочек

(ОКБ), шт; число КОЕ бактерий группы аэробных спорообразующих микроорганизмов (СПМО), шт; число КОЕ бактерий группы стафилококков (СТФ), шт; число КОЕ яиц: аскариды, трихоцефала, эзофагостом, фасциол, личинок стронгилят, крысиного цепня, клещей (АСК), шт; число КОЕ цист простейших и ооцистэймерий (ЦИО), шт.; число КОЕ энтерококков (ЭНТ), шт.

Материалами для построения формализованных зависимостей, являющихся исходными данными для разработки цифровизированной системы оценки и прогнозирования уровня экологической нагрузки, создаваемой свежим бесподстилочным навозом, выступили результаты экспериментальных и лабораторных исследований [4, 9], а также данные Росстата.

В качестве критерия оценки достоверности при обработке результатов исследований был принят коэффициент детерминации, физический смысл которого сводится к следующей зависимости:

$$r^2 = 1 - \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2} \leq \pm 1. \quad (3)$$

где σ_x – дисперсии случайной ошибки;

σ_y – дисперсии зависимой переменной.

Установлено [2, 5, 10-13], что в зависимости от технологии утилизации органических отходов, образованных на животноводческом предприятии, исходная концентрация патогенных организмов будет варьироваться. Данный фактор необходимо учитывать при оценке исходной концентрации в совокупности с такими составляющими как продолжительность накопления, а также доступность аэробных/анаэробных условий. Соответственно, разработка цифровизированной платформы оценки и прогнозирования экологической нагрузки, создаваемой бесподстилочным навозом, требует формализации данного свойства исследуемой среды.

Описание механизма изменения числа патогенных микроорганизмов в зависимости от влажности бесподстилочного навоза, продолжительности его накопления, а также аэробных/анаэробных условий возможно с использованием уравнений ферментативной кинетики [14]. В общем виде суть формализации моделей ферментативной кинетики можно свести к следующему: изменение численности той или иной бактериальной формы в субстрате может наступить при исчерпании одного из её компонентных ресурсов, а не полной токсикации или лизиса всей структуры. Данный постулат является моделью Моно, позволяющей в динамике определять уровень остаточной концентрации патогенов в бесподстилочном навозе – субстрате. Аналитически данная зависимость может быть представлена в виде дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = \mu(S)x - D(x),$$
$$\frac{dS}{dt} = DS_0 - \alpha\mu(S)x - DS, \quad (2)$$
$$\mu(S) = \frac{\mu_m S}{K_s + S},$$

где μ – средняя скорость роста патогенных микроорганизмов при данных условиях, шт/мин/л;

μ_m – максимальная скорость роста патогенных микроорганизмов при данных условиях, шт/мин/л;

S – концентрация субстрата, моль/л;

S_0 – концентрация субстрата, поступившего в накопитель навоза, моль/л;

x – концентрация КОЕ в анализируемом объёме;

K_s – константа, численно равная концентрации субстрата, при которой скорость роста культуры равна половине максимальной;

α – коэффициент приращения КОЕ патогенной биомассы, поглощённой субстратом.

Повысить достоверность представления динамики роста КОЕ патогенной биомассы в бесподстилочном навозе возможно также путём учёта её изменения законом пропорциональности популяций, вытекающим из дифференциального представления модели Моно, свести который можно к следующему виду:

$$\frac{dx}{dt} = Rx, \quad (3)$$

где Rx – функция изменения численности КОЕ патогенной биомассы в бесподстилочном навозе в зависимости от времени, описываемая экспоненциальной зависимостью вида:

$$Rx = x_0 e^{rt};$$
$$x_0 = x(t_0). \quad (4)$$

Несмотря на приведенные выше закономерности, разработка достоверных элементов цифровизации оценки уровня экологической нагрузки животноводческих предприятий в зависимости от уровня влажности образуемого бесподстилочного навоза затруднительна без статистических моделей.

Результаты и обсуждение

Результаты [17-20] исследования влияния влажности бесподстилочного навоза на число КОЕ патогенных организмов представлены следующими зависимостями:

– для числа КОЕ ОКБ:

$$\text{КОЕ ОКБ}=-483653{,}85W^2+78959038{,}46W-3072474175{,}85; \quad (5)$$

– для числа КОЕ СПМО:

$$\text{КОЕ СПМО}=68118{,}13W^2-22703565{,}59W+1568314120{,}88; \quad (6)$$

– для числа КОЕ СТФ:

$$\text{КОЕ СТФ}=-32864{,}01W^2+5575995{,}88W-225320741{,}76; \quad (7)$$

– для числа КОЕ АСК:

$$\text{КОЕ АСК}=2084{,}48W^2-1428738{,}32W+120295178{,}57; \quad (8)$$

– для числа КОЕ ЦИО:

$$\text{КОЕ ЦИО}=0{,}4808W^2-149{,}98W+10337; \quad (9)$$

– для числа КОЕ ЭНТ:

$$\text{КОЕ ЭНТ}=229622{,}25W^2-2557567{,}31W+2948233928{,}57. \quad (10)$$

Анализ квадратичных уравнений (5), (6), (7), (8), (9), (10) показал, что влажность образуемого бесподстилочного навоза оказывает существенное

влияние на исходное число КОЕ и, как следствие, на уровень создаваемой им экологической нагрузки. Число КОЕ всех рассматриваемых микроорганизмов снижается с увеличением влажности. Для КОЕ ОКБ и ЭНТ происходит снижение числа в диапазоне влажности 94-95 %, для КОЕ СТФ – при влажности 95-96%, для КОЕ АСК и КОЕ ЦИО – при 96%. Статистическая обработка данных производилась с использованием подходов, описанных в [21, 22], инструментом реализации выступил пакет Statistica. Установлено, что уравнения (5), (6), (7), (8), (9), (10) адекватно, по критерию Фишера, характеризуют зависимость числа КОЕ патогенных организмов от влажности бесподстилочного навоза при соответствующем уровне значимости, что подтверждается значениями коэффициента детерминации. Значения коэффициентов детерминации для каждого из уравнений при соответствующем уровне значимости α представлены в таблице. Графическая интерпретация полученных результатов представлена на рисунках 2а и 2б

Таблица – Результаты статистической оценки достоверности формализации экспериментальных данных по коэффициенту детерминации

№	Параметр	Коэффициент детерминации r^2	Уровень значимости α
1	Число КОЕ ОКБ	0,90	0,05
2	Число КОЕ СПМО	0,92	
3	Число КОЕ СТФ	0,95	
4	Число КОЕ АСК	0,99	
5	Число КОЕ ЦИО	0,91	
6	Число КОЕ ЭНТ	0,97	

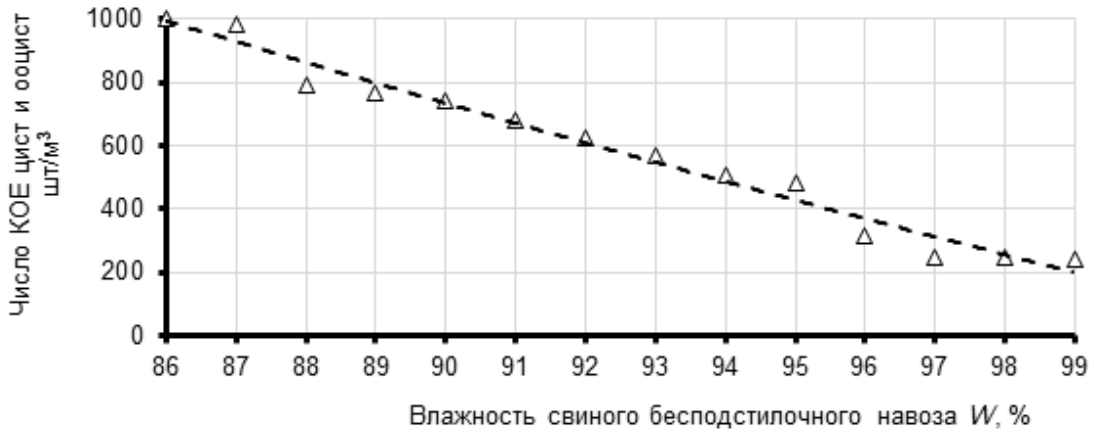


Рис. 2а – Исходная концентрация бактерий цист и ооцист в зависимости от влажности бесподстилочного навоза

По результатам исследований влияния влажности бесподстилочного навоза на концентрацию КОЕ патогенной биомассы формализованную моделями (5), (6), (7), (8), (9), (10) с учётом уравнений их ферментативной кинетики (2), (3), (4) был разработан модуль цифровизированной системы оценки экологической нагрузки. Интерфейс модуля представлен на рисунке 3. В зависимости от типа половозрастной группы животных, нормы расхода жидкости для удаления отходов, периода накопления навоза и его влажности можно определить ориентировочные значения концентраций КОЕ патогенной биомассы в нём.

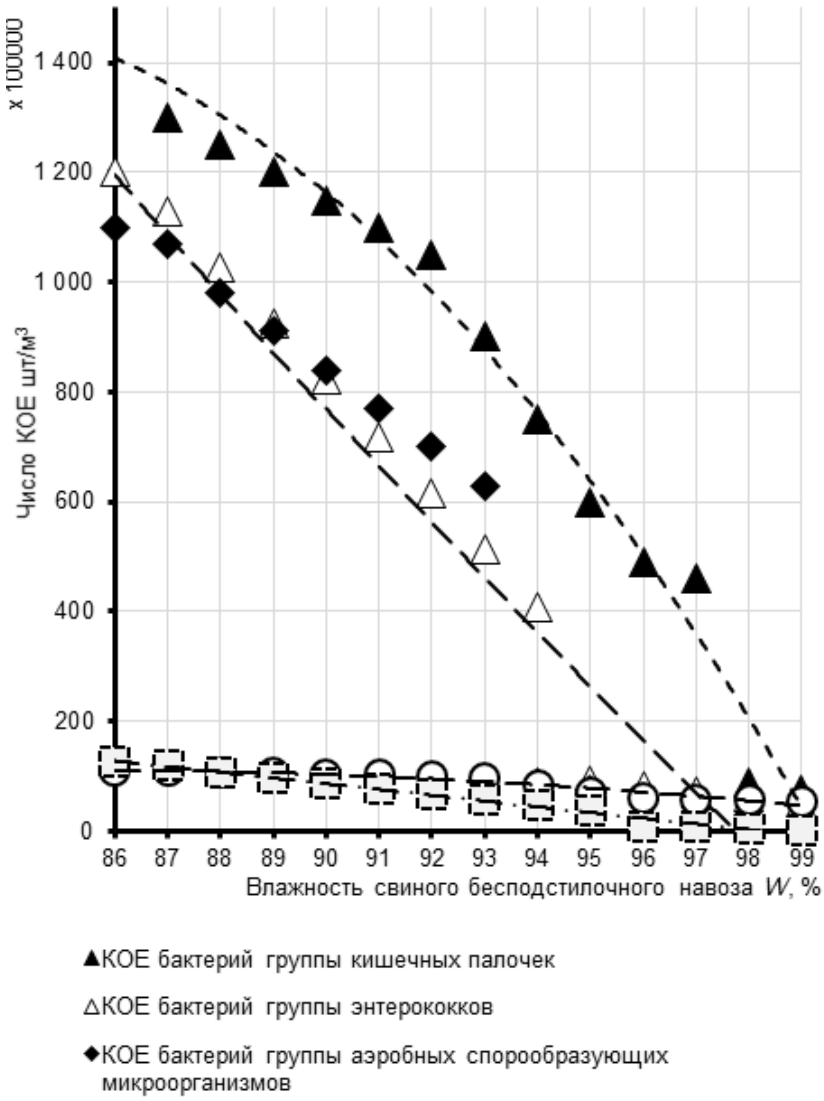


Рис. 2 б – Влияние влажности бесподстилочного навоза на число КОЕ патогенных микроорганизмов

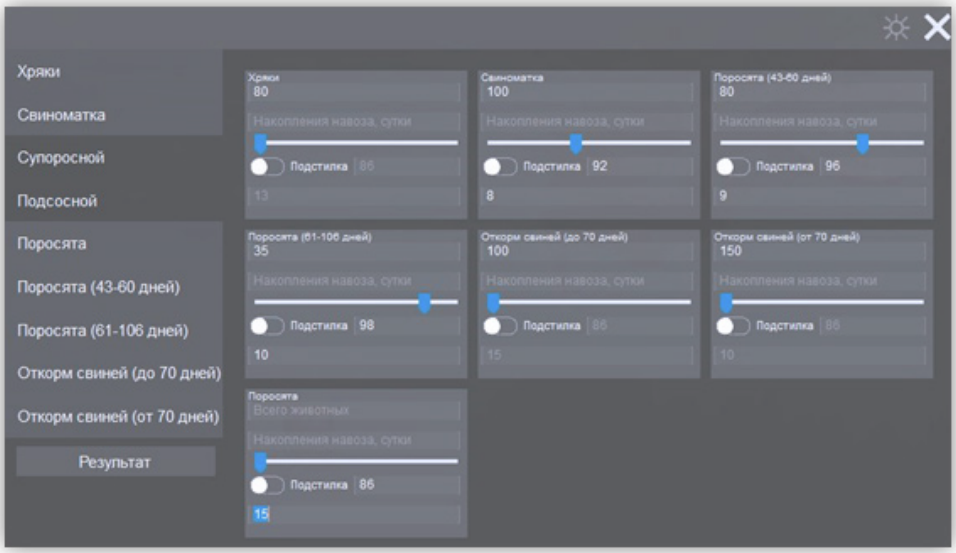


Рис. 3 – Интерфейс программного пакета цифровизированной оценки уровня экологической нагрузки, создаваемой свежим бесподстилочным навозом

Выводы

1. Обоснована необходимость учёта ферментативной кинетики числа КОЕ патогенной биомассы в свежем бесподстилочном навозе с помощью модели Моно при описании их исходных концентраций и разработке цифровизированных систем оценки и прогнозирования создаваемой им экологической нагрузки.

2. Установлены математические зависимости влияния на концентрацию КОЕ патогенной биомассы влажности бесподстилочного навоза при коэффициенте детерминации $r^2 > 0,9$ для всех типов рассмотренных патогенов.

3. Развитием полученных результатов является разработка базы данных закономерностей технологических свойств бесподстилочного навоза и их влияния на концентрации патогенной биомассы, как элемента программной среды цифровизации и прогнозирования санитарно-эпидемиологической нагрузки, создаваемой им.

Список литературы

1. Попов, В.Д. Приоритеты экологического развития животноводства России и пути их реализации / В.Д. Попов, В.Ф. Федоренко, А.Ю. Брюханов // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 12 (282). – С. 2-5. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-12-2-5

2. Борычев, С.Н. Экосистема утилизации органических отходов животноводства / С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин, Н.В. Лимаренко // Вестник Рязанского агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – Рязань. – 2020. – № 4. – С. 83-91. https://doi.org/10.36508/RSATU.2020.48.4.012

3. Лачуга, Ю.Ф. Развитие интенсивных машинных технологий, роботизированной техники, эффективного энергообеспечения и цифровых систем в агропромышленном комплексе / Ю.Ф. Лачуга, А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 6 (264). – С. 2-9. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-6-2-8

4. Лобачевский, Я.П. Аспекты цифровизации системы технологий и машин / Я.П. Лобачевский, В.М. Бейлис, Ю.С. Ценч // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 3 (36). – С. 40-45. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41192528

5. Бышов, Н.В. Концептуальная модель энергетической эффективности получения экологически безопасного утилизационного свиного бесподстилочного навоза / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, И.А. Юхин, М.Н. Чаткин, Н.В. Лимаренко // Инженерные технологии и системы. – 2020. – № 3. – С. 394-412. DOI: 10.15507/2658-4123.030.202003.394-412.

6. Личман, Г.И. Оценка влияния качества внесения удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур / Г.И. Личман, А.А. Личман// Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 5. – С. 16–21. DOI: 10.22314/207375992017.5.1621

7. Брюханов, А.Ю. Метод решения экологических проблем при обращении с навозом и помётом / А.Ю. Брюханов, Э.В. Васильев, Е.В. Шалавина, Р.А. Уваров, И.А. Субботин // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 3 (27). – С. 84–96. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30275937

8. Хмыров, В.Д. Эффективность системы применения удобрений в органическом земледелии / В. Д. Хмыров, Б.С. Труфанов, О.И. Журавлева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (58). – С. 14-18. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39554986

9. Брюханов, А. Ю. Экологоэнергетический показатель внедрения наилучших доступных технологий утилизации куриного помета/ Брюханов А. Ю., Субботин И.А., Тимофеев Е.В., Эрк А.Ф. // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 12. С. 29–33. DOI: 10.18412/1816-0395-2019-12-29-33

10. Шигапов, И. И. Модель биотехнической системы процесса уборки, транспортировки и переработки навоза / И. И. Шигапов // Аграрная наука. –2017. – № 3. – С. 27-31. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28881573

11. Киров Ю. А. Повышение эффективности разделения на фракции стоков пивоваренного производства в гидроциклоне-сгустителе / Ю. А. Киров, Н. В. Батищева, В. С. Шкрабак // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (50). – С. 207-213. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32741885

12. Федоренко, В.Ф. Тенденции биотехнологического развития сельского хозяйства / В.Ф. Федоренко // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2019. – № 4 (13). – С. 8-15. DOI: 10.22314/2073-7599-2019-13-4-8-15

13. Брикова, О.И. Исследование влияния параметров внешней среды на процессы биологической очистки сточных вод / О.И.Брикова, Е.К.Грудяева, С.Е.Душин //Всероссийская научная конференция по проблемам управления в технических системах. – 2017. – № 1. – С. 259-263. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30604380

14. Кормиш-Боуден, Э. Основы ферментативной кинетики / Пер. с англ. и предисл. Б.И. Курганова. –М.: Мир, 1979. – 280 с. URL: https://booksee.org/book/473571

15. Коваленко, В.П. Механизация обработки бесподстилочного навоза / В.П. Коваленко. – М.: Колос, 1984. – 159 с. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01001189311

16. Тарасов, С.И. Влияние длительного регулярного применения бесподстилочного навоза в интенсивном режиме на урожайность и качество костреца безостого /С.И.Тарасов,М.Е. Кравченко, Т.А.Бужина, И.А. Архипченко // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 3 (39). – С. 79-88. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44038239

17. Бышов, Н.В. Исследование распределения плотности вероятностей патогенных маркеров свиного бесподстилочного навоза / Н.В. Бышов, Н.В. Лимаренко, И.А. Успенский, С.Д. Фомин, М.Ю. Чаткин, И.А. Юхин / Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2019. – № 4 (56). – с. 215-227. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-26.

18. Петрова, С.А. Стабилизация анаэробного сбраживания отходов животноводства в условиях низких температур окружающей среды / С.А.Петрова, В.П. Друзьянова, М.К. Охлопкова //

Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 6. – С. 36-38 DOI: 10.24411/2587-6740-2019-16101

19. Тарасов, С.И.Проблемные аспекты использования побочной продукции животноводства / С.И.Тарасов // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 3 (39). – С. 89-97. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemnye-aspekty-ispolzovaniya-pobochnoy-produktsii-zhivotnovodstva

20. Суржко, О.А. Исследования обеззараживания осадков бесподстилочного навоза от яиц гельминтов / О.А.Суржко, К.О.Оковитая// Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 4 (36). –С. 178-187. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovaniya-obezzarazhivaniya-osadkov-bespodstilochnogo-navoza-ot-yaits-gelmintov

21. Karl Siebertz. StatistischeVersuchsplanung. Design of Experiments (DoE) / Karl Siebertz, David van Bebber, Thomas Hochkirchen. – London. New York: Springer Heidelberg Dordrecht, 2010. – 326 p.URL: https://www.researchgate.net/publication/290436229_Statistische_Versuchsplanung__Design_of_Experims_DoE

22. Цымбал, А.А. Моделирование эпидемиологических свойств бесподстилочного навоза при подготовке физико-химическим обеззараживанием / А.А. Цымбал, И.А. Успенский, И.А. Юхин, Н.В. Лимаренко // Вестник Рязанского агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – Рязань. – 2020. – № 3. – С. 89-98. DOI:10.36508/RSATU.2020.28.75.016

MODELING THE INFLUENCE OF THE LIQUID MANURE MOISTURE ON THE LEVEL OF ITS SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL LOAD

Borychev Sergey N., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, 89066486088@mail.ru*

Limarenko Nikolay V., *Candidate of Technical Sciences, training master of the department technical operation of transport Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Associate Professor of the Department of electrical engineering and electronics, Don state technical university, limarenkodstu@yandex.ru*

RakyL Elena A., *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University, wmf@bgsha.com*

Uspenskiy Ivan A., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of technical operation of transport, ivan.uspensckij@yandex.ru*

Yukhin Ivan A., *Doctor of Technical Sciences, associate Professor, Head of the Department of automotive engineering and heat power engineering, ivan.uspensckij@yandex.ru*

Ryazan state agrotechnological university named after P. A. Kostychev

The work was carried out within the framework of the grant of the Federal State Budgetary Institution of the Fund for Assistance to the Development of Small Forms of Enterprises in the Scientific and Technical Sphere, contract No. 3822GS1 / 63200 dated 19.12.2020

Problem and purpose. *One of the promising factors of energy efficient and environmentally safe use of resources is the digitalization of processes, which makes it possible to predict and evaluate the state of the system depending on its initial properties. Utilization of liquid manure is closely related to this factor. It is known that it is impossible to safely use the energy potential of liquid manure without suppressing the pathogenic biomasses present in it, therefore, the choice of the optimal disinfection approach largely depends on their initial concentration. Accordingly, the study and formalization of the influence of the technological properties of liquid manure of temperature, pH, humidity on the number of colony-forming units of pathogens in it is an urgent task for science and technology. The purpose of this study is to develop elements of a system for digitalized assessment of the level of environmental load of livestock enterprises depending on the level of moisture in the generated waste, using the example of liquid pig manure.*

Methodology. *Methods of statistical processing of experimental data were used, taking into account the model of enzymatic kinetics of pathogenic biomasses in liquid pig manure, the reliability of the obtained mathematical dependencies was assessed.*

Results. *Initial data were obtained in the form of quadratic equations that allow predicting the level of the initial concentration of colony-forming units of bacteria of the Escherichia coli group, aerobic spore-forming microorganisms, staphylococci, ascaris eggs, trichocephalus, esophagostomas, fasciolas, strongylate larvae, ticks, cysts of protozoa and oocysts of the eimer from the moisture of liquid manure.*

Conclusion. *On the basis of the obtained mathematical relationships, an element of the digitalization system for assessing the level of the environmental load created by fresh liquid manure was developed. The development of the results obtained will be the creating of a database of other regularities of technological properties of liquid manure and their influence on the concentration of pathogenic biomass, as an element of the software environment for digitalization and forecasting of the sanitary and epidemiological load created by it.*

Key words: *utilization, liquid manure, prediction of the concentration of pathogenic biomasses, enzymatic kinetics.*

Literatura

1. Popov, V.D. Prioritety ekologicheskogo razvitiya zhivotnovodstva Rossii i puti ih realizacii / V.D. Popov,

V.F. Fedorenko, A.YU. Bryuhanov // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2020. – № 12 (282). – S. 2-5. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-12-2-5

2. Borychev, S.N. Ekosistema utilizacii organicheskih othodov zhivotnovodstva / S.N. Borychev, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin, N.V. Limarenko // Vestnik Ryazanskogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – Ryazan'. – 2020. – № 4. – S. 83-91. https://doi.org/10.36508/RSATU.2020.48.4.012

3. Lachuga, YU.F. Razvitie intensivnyh mashinnyh tekhnologij, robotizirovannoj tekhniki, effektivnogo energoobespecheniya i cifrovyh sistem v agropromyshlennom komplekse / YU.F. Lachuga, A.YU. Izmajlov, YA.P. Lobachevskij, YU.H. SHogenov // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2019. – № 6 (264). – S. 2-9. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-6-2-8

4. Lobachevskij, YA.P. Aspekty cifrovizacii sistemy tekhnologij i mashin / YA.P. Lobachevskij, V.M. Bejlis, YU.S. Cench // Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. – 2019. – № 3 (36). – S. 40-45. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41192528

5. Byshov, N.V. Konceptual'naya model' energeticheskoj effektivnosti polucheniya ekologicheski bezopasnogo utilizacionnogo svinogo bespodstilochnogo navoza / N.V. Byshov, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin, M.N. CHatkin, N.V. Limarenko // Inzhenernye tekhnologii i sistemy. – 2020. – № 3. – S. 394-412. DOI: 10.15507/2658-4123.030.202003.394-412.

6. Lichman, G.I. Ocenka vliyaniya kachestva vneseniya udobrenij na urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur / G.I. Lichman, A.A. Lichman// Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. – 2017. – № 5. – S. 16–21. DOI: 10.22314/207375992017.5.1621

7. Bryuhanov, A.YU. Metod resheniya ekologicheskih problem pri obrashchenii s navozom i pomyotom / A.YU. Bryuhanov, E.V. Vasil'ev, E.V. SHalavina, R.A. Uvarov, I.A. Subbotin // Molochnohozyajstvennyj vestnik. – 2017. – № 3 (27). – S. 84–96. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30275937

8. Hmyrov, V.D. Effektivnost' sistemy primeneniya udobrenij v organicheskom zemledelii / V. D. Hmyrov, B.S. Trufanov, O.I. ZHuravleva // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 3 (58). – S. 14-18. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39554986

9. Bryuhanov, A. YU. Ekologoenergeticheskij pokazatel' vnedreniya nailuchshih dostupnyh tekhnologij utilizacii kurinogo pometa/ Bryuhanov A. YU., Subbotin I.A., Timofeev E.V., Erk A.F. // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2019. T. 23. № 12. S. 29–33. DOI: 10.18412/1816-0395-2019-12-29-33

10. SHigapov, I. I. Model' biotekhnicheskoj sistemy processa uborki, transportirovki i pererabotki navoza / I. I. SHigapov // Agrarnaya nauka. –2017. – № 3. – S. 27-31. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28881573

11. Kirov YU. A. Povyshenie effektivnosti razdeleniya na frakcii stokov pivovarennogo proizvodstva v gidrociklone-sgustitele / YU. A. Kirov, N. V. Batishcheva, V. S. SHkrabak // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 1 (50). – S. 207-213. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32741885

12. Fedorenko, V.F. Tendencii biotekhnologicheskogo razvitiya sel'skogo hozyajstva / V.F. Fedorenko // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. – 2019. – № 4 (13). – S. 8-15. DOI: 10.22314/2073-7599-2019-13-4-8-15

13. Brikova, O.I. Issledovanie vliyaniya parametrov vneshnej sredy na processy biologicheskoj ochistki stochnyh vod / O.I.Brikova, E.K.Grudyaeva, S.E.Dushin //Vserossijskaya nauchnaya konferenciya po problemam upravleniya v tekhnicheskih sistemah. – 2017. – № 1. – S. 259-263. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30604380

14. Kormish-Bouden, E. Osnovy fermentativnoj kinetiki / Per. s angl. i predisl. B.I. Kurganova. –M.: Mir, 1979. – 280 s. URL: https://booksee.org/book/473571

15. Kovalenko, V.P. Mekhanizaciya obrabotki bespodstilochnogo navoza / V.P. Kovalenko. – M.: Kolos, 1984. – 159 s. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01001189311

16. Tarasov, S.I. Vliyanie dlitel'nogo regulyarnogo primeneniya bespodstilochnogo navoza v intensivnom rezhime na urozhajnost' i kachestvo kostreca bezostogo /S.I.Tarasov,M.E. Kravchenko, T.A.Buzhina, I.A. Arhipchenko // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. – 2020. – № 3 (39). – S. 79-88. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44038239

17. Byshov, N.V. Issledovanie raspredeleniya plotnosti veroyatnostej patogennyh markerov svinogo bespodstilochnogo navoza / N.V. Byshov, N.V. Limarenko, I.A. Uspenskij, S.D. Fomin, M.YU. CHatkin, I.A. YUhin / Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – 2019. – № 4 (56). – s. 215-227. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-26.

18. Petrova, S.A. Stabilizaciya anaerobnogo sbrazhivaniya othodov zhivotnovodstva v usloviyah nizkih temperatur okruzhayushchej sredy / S.A.Petrova, V.P. Druz'yanova, M.K. Ohlopkova // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. – 2019. – № 6. – S. 36-38 DOI: 10.24411/2587-6740-2019-16101

19. Tarasov, S.I.Problemnye aspekty ispol'zovaniya pobochnoj produkcii zhivotnovodstva / S.I.Tarasov // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. – 2020. – № 3 (39). – S. 89-97. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemnye-aspekty-ispolzovaniya-pobochnoy-produktsii-zhivotnovodstva

20. Surzhko, O.A. Issledovaniya obezzarazhivaniya osadkov bespodstilochnogo navoza ot yaic gel'mintov / O.A.Surzhko, K.O.Okovitaya// Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. – 2019. – № 4 (36). –S. 178-187. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovaniya-obezzarazhivaniya-osadkov-bespodstilochnogo-navoza-ot-yaits-gelmintov

21. Karl Siebertz. StatistischeVersuchsplanung. Design of Experiments (DoE) / Karl Siebertz, David van

Bebber, Thomas Hochkirchen. – London. New York: Springer Heidelberg Dordrecht, 2010. – 326 p.URL: https://www.researchgate.net/publication/290436229_Statistische_Versuchsplanung__Design_of_Experims_DoE

22. Cymbal, A.A. Modelirovanie epidemiologicheskih svojstv bespodstilochnogo navoza pri podgotovke fiziko-himicheskim obezzarazhivaniem / A.A. Cymbal, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin, N.V. Limarenko // Vestnik Ryazanskogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – Ryazan'. – 2020. – № 3. – S. 89-98. DOI:10.36508/RSATU.2020.28.75.016

УДК 631.173:658.58 **DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.012**

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ МИКРОСИСТЕМНОГО СИГНАЛИЗАТОРА СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНОЙ КОЛОДКИ РОБОТИЗИРОВАННОГО АВТОМОБИЛЯ

КОСТЕНКО Михаил Юрьевич, *д-р тех. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, kostenko.mihail2016@yandex.ru*

СЕМЫНИН Михаил Владимирович, *аспирант кафедры технической эксплуатации транспорта, glamsonic@yandex.ru*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

ВОЛКОВ Степан Степанович, *д-р физ-мат. наук, профессор кафедры автомобильной техники, volkovstst@mail.ru*

СЕМЫНИН Владимир Викторович, *канд. техн. наук, доцент, научный сотрудник научно- исследовательского отдела, vsemynin@yandex.ru*

Рязанское гвардейское высшее воздушно-десантное командное училище имени генерала Армии В.Ф. Маргелова

Проблема и цель. *С развитием и широким применением колесной наземной транспортной техники выдвигаются повышенные требования к устройству машин, их управляемости с одновременным упрощением требований к водителю по управлению машиной и обеспечению ее функционирования в широком диапазоне технических возможностей. Целью исследований явилось теоретическое обоснование и практическая реализация способа непрерывного мониторинга состояния накладок тормозных колодок автомобиля КамАЗ.*

Методология. *Разработано микросистемное устройство для контроля состояния тормозной колодки, отвечающее требованиям автоматизации и роботизации. Электрическая схема устройства построена по аналоговой форме с непрерывной регистрацией неэлектрического сигнала о состоянии (толщине износа) накладки в преобразованной электрической форме. Принцип действия сигнализатора состояния тормозной колодки автомобиля построен на использовании явления изменения электрической емкости конденсатора с изолирующей прокладкой между электродами при изменении толщины этого изолятора. Если встроить в керамическую (изолирующую) накладку тормозной колодки металлический электрод, то он образует электрическую емкость с поверхностью тормозимого металлического тела. Это позволяет в качестве изолирующей прокладки использовать изнашивающийся слой фрикционной накладки тормозной колодки. В таком датчике первичным источником информации будет являться непосредственно контролируемый параметр – остаточный рабочий слой фрикционной накладки тормозной колодки*

Результаты. *Разработано индикаторное устройство, позволяющее водителю, находящемуся в кабине автомобиля, не отрываясь от управления осуществлять непрерывный мониторинг состояния тормозных накладок (толщины рабочего слоя) вплоть до критического, при котором дальнейшая эксплуатация транспортного средства становится небезопасной.*

Заключение. *Применение разработанного индикаторного устройства для визуального функционального контроля водителем состояния тормозных колодок автомобиля делает возможным предотвращение нештатных ситуаций, которые могут возникнуть из-за невозможности эффективного использования рабочей тормозной системы автомобиля по причине предельно допустимого или неравномерного износа фрикционных накладок тормозных колодок.*

Ключевые слова: *автоматизация, микросистемное устройство, тормозная колодка, электрод, индикация.*

© Костенко М. Ю., Семынин М. В., Волков С. С., Семынин В В., 2021 г.

Введение

В последние десятилетия в технически развитых странах наметилась устойчивая тенденция к разработке микросистемной техники почти во всех отраслях, особенно в авиационно-космическом и военно-морском приборостроении. Широкое развитие это направление получило при создании новых типов наземной транспортной техники. С развитием и широким применением колесной наземной транспортной техники выдвигаются повышенные требования к устройству машин, их управляемости с одновременным упрощением требований к водителю по управлению машиной и обеспечению ее функционирования в широком диапазоне технических возможностей. Такие задачи решаются автоматизацией функциональных устройств машин и роботизацией машины в целом с применением средств микросистемной техники.

Целью исследований явилось теоретическое обоснование и практическая реализация способа непрерывного мониторинга состояния накладок тормозных колодок автомобиля КамАЗ. Так как ресурс работы тормозной колодки меньше ресурса работы автомобиля в целом, то необходимо периодически проверять толщину износа накладки и при износе до предельно допустимой толщины произвести замену тормозной колодки на новую. В настоящее время диагностика степени износа фрикционных накладок тормозных колодок проводится в рамках мероприятий технического обслуживания разными способами в зависимости от конструкции тормозного механизма автомобиля в целом, вплоть до его частичного демонтажа. В частности, проверка состояния тормозных накладок автомобиля КамАЗ производится при помощи специального щупа через окна в тормозном щитке на внутренней стороне колеса, что корректно осуществляется только в специально оборудованных помещениях [2,8,9].

Микросистемная техника позволяет формировать принципиально новые взаимосвязи в системе «водитель-машина-среда-маршрут». Именно микросистемная техника обеспечивает основу автоматизации, а затем и роботизации транспортной техники. Роботизация, как конечный этап автоматизации, характеризуется выработкой и реализацией технических режимов функционирования в системе «машина-среда-маршрут», не заложенных в исходной программе-алгоритме действий, без участия человека.

Многое, характеризуемое в настоящее время как элементы роботизации, относится к сфере автоматизации и обеспечивает исходно предусмотренные режимы функционирования машины как реакцию на внешние воздействия человека, среды или маршрута. Роботизация может быть осуществлена на основе средств автоматизации, выполненных для работы в измерительных режимах. Средства автоматизации в большинстве случаев исходно используются в индикаторных режимах в системах симплексного действия [5,10]. Поэтому в разработке современных средств микросистемной техники требования к работе элементов схем формируются на уровне количественной градации рабочих характеристик с выделением плавно изменяемых рабочих режимов.

Как известно, измерительные характеристики обеспечиваются в аналоговом и цифровом режимах. Обе формы сигналов являются неотъемлемой особенностью микросистемной техники. Все микросистемные датчики (до уровня нанотехники), особенно неэлектрических величин, работают в режиме непрерывного, аналогового изменения исходного параметра и сигналов. Обработка сигнала в микросистемном устройстве, особенно для робототехнических целей, неизбежно осуществляется в цифровых кодах. Это обусловлено, прежде всего, необходимостью цифровой и алгоритмической обработки сигналов первичной информации датчиков для выработки сигнала реакции машины или сигнала управления. В микросистемных устройствах индикаторного характера, особенно в силовых системах, эффективны устройства с аналоговыми сигналами, или в комбинации с аналого-цифровыми системами. Предпочтительность аналоговых микросистемных устройств заключается в их более широких функциональных возможностях вследствие индикаторного характера первичной информации датчиков сигналов [1,13,15].

Объект исследования

Объектом исследования являлся автомобиль семейства КамАЗ. В статье представлено разработанное микросистемное устройство сигнализации состояния рабочих асбесто-бакелитовых накладок тормозных колодок. Электрическая схема устройства построена по аналоговой форме с непрерывной регистрацией неэлектрического сигнала о состоянии (толщине износа) накладки в преобразованной электрической форме. Несмотря на силовой характер контролируемого процесса, датчик построен на использовании сигнала потенциального характера, а именно, накопления определенного количества электрического заряда, что позволяет выполнять датчик в пределах размерностей элементов микроэлектромехнических систем. При этом на основе выбранного датчика автоматизированное устройство контроля состояния тормозной колодки построено по принципу индикации критических состояний фрикционных накладок колодки. На основе выбранного принципа построения датчика и устройства в целом может быть создано измерительное устройство с распределенным расположением аналого-цифровых датчиков по рабочим поверхностям всех действующих накладок, являющихся элементами автоматизации контроля состояния тормозных накладок, а также средствами возможной роботизации тормозной системы в целом [14,18].

Принцип действия сигнализатора состояния тормозной колодки автомобиля построен на использовании явления изменения электрической емкости С конденсатора с изолирующей прокладкой между электродами при изменении толщины этого изолятора. Если встроить в керамическую (изолирующую) накладку тормозной колодки металлический электрод, то он образует электрическую емкость С с поверхностью тормозимого металлического тела. Это позволяет в качестве

изолирующей прокладки использовать изнашивающийся слой фрикционной накладки тормозной колодки. В таком датчике первичным источником информации будет являться непосредственно контролируемый параметр – остаточный рабочий слой фрикционной накладки тормозной колодки [16,17]. Величина электрической емкости изменяется с износом рабочего слоя по формуле

$$C = \varepsilon \varepsilon_0 S / d, \quad (1)$$

где ε – относительная диэлектрическая постоянная материала керамической накладки;

ε_0 – диэлектрическая постоянная вакуума;

S – площадь электродов конденсатора;

d – расстояние между электродами, толщина рабочего слоя прокладки.

При этом электрическое сопротивление конденсатора по переменному току равно:

$$X_C = 1 / (\omega C) = d / (2 \pi f \varepsilon \varepsilon_0 S), \quad (2)$$

где ω и f – круговая и циклическая частоты переменного тока, линейно изменяются с изменением расстояния между электродами конденсатора.

По мере износа фрикционной накладки расстояние d между электродом и поверхностью тормозимого тела уменьшается, емкость конденсатора увеличивается, и сопротивление его по переменному току уменьшается. Если пропускать через конденсатор переменный ток I, то падение напряжения на нем

$$U_C = I X_C = I d / (2 \pi f \varepsilon \varepsilon_0 S)$$

с износом накладки уменьшается вплоть до нуля при полном износе накладки до электрода. По величине падения напряжения на конденсаторе можно судить о степени износа фрикционной накладки.

Техническая реализация таких датчиков конденсаторов многовариантна – от дискретных индикаторных конденсаторов до распределенной сетки конденсаторов с цифровыми предусилителями, расположенными по критическим точкам рабочего поля фрикционной накладки, для использования в роботизированных автомобилях.

В данной работе рассмотрен пример индикаторного контрольного устройства с одним конденсатором для контроля толщины накладки в одной критической точке, в частности, для тормозного устройства колес автомобиля КамАЗ.

Конденсатор-датчик сформирован из плоского измерительного электрода, расположенного в технологическом отверстии для заклепки крепления накладки к основанию колодки и второго электрода, являющегося тормозным барабаном. Поверхность измерительного электрода располагается в отверстии накладки (d = 8 мм) на глубине предельно-допустимого износа накладки (h = 5 мм). После монтажа электрода в отверстии полость отверстия заполняется материалом изолятора. Для увеличения электрической емкости конденсатора полость отверстия можно заполнить изолирующим материалом с диэлектрической постоянной, большей аналогичной характеристики материала накладки – бакелита. Чем больше ε изолятора конденсатора, тем больше чувствительность датчика. На рисунке 1 приведена упрощенная схема конденсатора и тормозной колодки в целом с дополнительным электродом конденсатора.

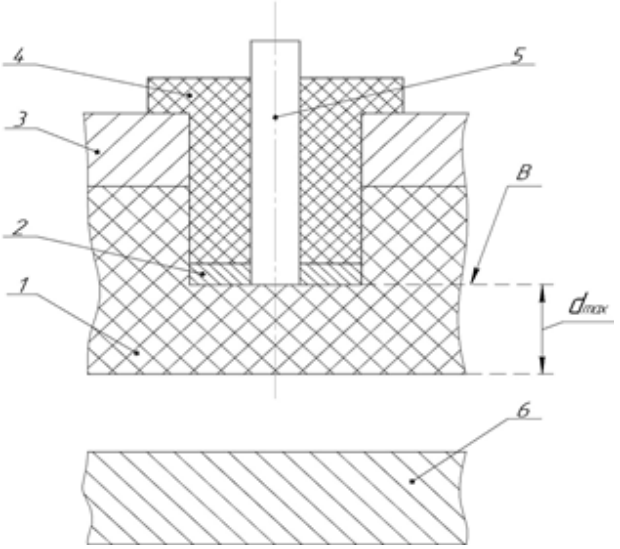


Рис. 1 – Схема конденсатора и тормозной колодки

Тормозная колодка колеса автомобиля содержит фрикционную накладку 1, истирающуюся при торможении, металлический электрод 2, металлический держатель накладки 3, изолятор 4, электрический вывод 5 электрода 2, фиксируемого в накладке 1 клеевым соединением изолятора 4 с накладкой 1 и с держателем 3.

Напротив фрикционной накладки 1 расположено тормозимое тело 6, которое вместе с электродом 2 образует конденсатор с электрической емкостью СТ. Фрикционная накладка обладает малым коэффициентом износа и изготавливается, как правило, из асбесто-бакелитового материала.

При торможении накладка 1 прижимается к тормозимому телу 6 и истирается. Емкость конденсатора увеличивается до максимального значения. На рисунке 1 приведена линия В, обозначающая максимально допустимую толщину износа d_{max}, проходящая по плоскости поверхности электрода 2. При износе до величины d_{max} происходит прямой контакт тормозимого тела с электродом 2.

Экспериментальная часть

Экспериментальная часть исследования заключалась в разработке индикаторного устройства, позволяющего водителю, находящемуся в кабине автомобиля, не отрываясь от управления осуществлять непрерывный мониторинг состояния тормозных накладок (толщины рабочего слоя) вплоть до критического, при котором дальнейшая эксплуатация транспортного средства становится небезопасной [3,6,7].

Рассматриваемый вариант индикаторного устройства позволяет определять состояние фрикционной накладки по трем критериям: 1) соответствует техническим требованиям; 2) ресурс работы почти исчерпан; 3) ресурс работы исчерпан. Первичной информацией при этом является: 1) толщина рабочего слоя фрикционной накладки находится в рабочих пределах (в пределах от максимального (исходного) значения до значений,

близких к минимально допустимой); 2) толщина рабочего слоя накладки еще рабочая, но близка к критическим значениям; 3) толщина рабочего слоя полностью исчерпана, используется остаточный слой.

Устройство индикации содержит электронную схему, в которой предусмотрены три соответствующих световых сигнализатора: 1) зеленого цвета; 2) желтого цвета; 3) красного цвета. Для большей наглядности световые сигнализаторы могут быть снабжены надписями: 1) накладки годные; 2) накладки на пределе износа; 3) накладки изношены. Методом электронной регулировки можно установить критерий «на пределе», например, сигнализатор «желтый» включается, когда остается 5, 10 или 20 % рабочего ресурса. В роботизированном автомобиле система световых сигнализаторов может использоваться как второстепенное контрольное устройство; первичный сигнал, преобразованный в форму цифровых кодов, подается на центральный процессор робота для учета при выработке команд для исполнительных устройств.

Функциональная схема (рис. 2) сигнализатора содержит конденсатор C_T, емкость которого образуется электродом 2 (верхний электрод, (рис. 1) и тормозимым металлическим телом 6 (нижний электрод, рис. 1), балластный резистор R_T для ограничения тока при коротком замыкании электрода 2 с тормозимым телом 6, генератор 7 переменного тока, соединенный с резистором R_T, усилитель переменного тока 8 с красным светодиодом D_2 (светодиод с излучением красного света), усилитель постоянного тока 10 с желтым светодиодом D_6 (с излучением желтого света), устройство 9, содержащее накопительную емкость и зеленый светодиод D_5.

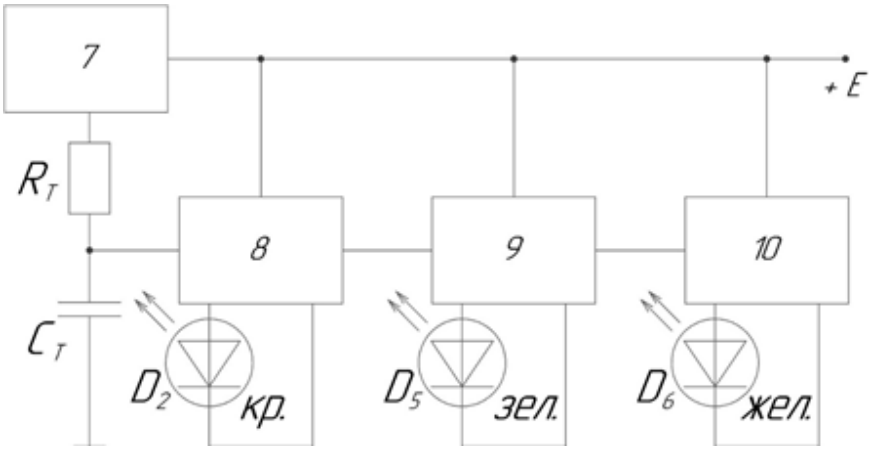


Рис. 2 – Функциональная схема сигнализатора

Устройство 9 соединено с выходом усилителя 8 переменного тока и с входом усилителя 10 постоянного тока, при этом вывод электрода 2 соединен с резистором R_T, а резистор R_T соединен другим концом с выходом генератора и входом усилителя переменного тока. Сигнализатор питается от источника эдс E транспортного средства, например, от бортовой сети автомобиля.

Принципиальная схема сигнализатора (рис. 3) построена в соответствии с функциональной схемой (рис. 2) сигнализатора с едиными обозначениями и нумерацией элементов схем. Она, дополнительно к обозначенным элементам (C_T, R_T, D_2, D_5, D_6) на функциональной схеме (рис. 2), содержит транзистор T_1 (рис. 3), образующий с резисторами R_1, R_2 и переходным конденсатором C_1 усилительный каскад 7 (рисунки 2,3) переменного тока. На выходе каскада соединена нагрузка по постоянному току в виде цепи: стабилитрон D_1, красный светодиод D_2 с согласующим резистором R_3, и резистором смещения R_{11}, а также нагрузка по переменному току: устройство 8 (рис. 2) с накопительным конденсатором C_2 (рис. 3). В устройстве 8 дополнительно к C_2 содержится развязывающий каскады транзисторов T_1 и T_2 по отрицательным полупериодам усиливаемого напряжения диод D_3, балластный резистор R_4, регулировочный резистор R_5, стабилитрон D_4, зеленый светодиод D_5 с резистором R_6 в роли ограничителя тока диода D_5 и задатчика режима транзистора T_2.

Усилитель постоянного тока 10 (рис. 2) содержит два каскадообразующих транзистора T_2, T_3 (рис. 3), коллекторные резисторы R_6, R_{10}, делитель R_8, R_9 входного напряжения второго каскада на транзисторе T_3, эмиттерные стабилизаторы на основе R_7, C_3 каскада на T_2 и на основе R_{11}, C_4 каскада на T_3.

Сигнализатор работает следующим образом. При торможении тормозная колодка с держателем 3 и фрикционной керамической накладкой 1 прижимается к поверхности тормозимого тела 6 (например, тормозного барабана) и в процессе эксплуатации изнашивается. Величина износа определяется по изменению электрической емкости конденсатора C_T, образуемого электродом 2 в накладке 1, тормозимым телом 6 в качестве второго электрода и материалом накладки между электродами 1 и 6. В процессе износа накладки 1 расстояние d между электродами конденсатора C_T уменьшается, и емкость конденсатора C_T увеличивается согласно формуле (1), его сопротивление уменьшается. На рисунке 1 проведена линия «В», определяющая уровень максимально допустимого износа тормозной накладки. Так как линия «В» проходит по плоскости головки электрода 2, то электрод 2 при предельном износе замыкается с

тормозимым телом 6.

Вследствие изложенного сигнализатор вырабатывает световые сигналы о нормальном рабочем состоянии накладок (зеленый светодиод D_5), об износе, близкому к критическому (желтый светодиод D_6), и о критическом износе и более (красный светодиод D_2). Сигналы о степени износа накладок формируются следующим образом. В начале работы накладка не изношена, расстояние d (рис. 1) большое, емкость C_T маленькая, сопротивление X_C значительно больше сопротивления R_1 на входе транзистора T_1. Соотношение сопротивлений R_T и R_1 подбирается так, чтобы обеспечить усилительный режим транзистора T_1 по переменному току. Генератор 7 переменного сигнала вырабатывает переменное (синусоидальное или прямоугольное) напряжение. Этот сигнал подается на вход транзистора T_1. При малой емкости C_T амплитуда сигнала максимальная, напряжение покоя на выходе транзистора T_1 меньше напряжения стабилитрона D_1 (приблизительно в два раза), и стабилитрон D_2 закрыт. Переменный сигнал с выхода транзистора T_1 проходит через конденсатор C_1, через диод D_3 и положительными импульсами заряжает конденсатор C_2 до амплитуды переменного усиленного напряжения. В результате зарядки несколькими полупериодами усиленного переменного напряжения напряжение на C_2 достигает значения максимума полупериода переменного усиленного напряжения. Стабилитрон D_5 с балластным сопротивлением R_5 имеет напряжение пробоя несколько меньше этого значения, и пробивается. При этом загорается (включается) зеленый светодиод D_5. Напряжение, образуемое током светодиода D_5 на светодиоде и балластном резисторе R_6, открывает биполярный транзистор T_2, напряжение на коллекторе которого становится близким к нулю. При этом транзистор T_2 шунтирует вход транзистора T_3 , который закрывается, и желтый светодиод D_6 не горит.

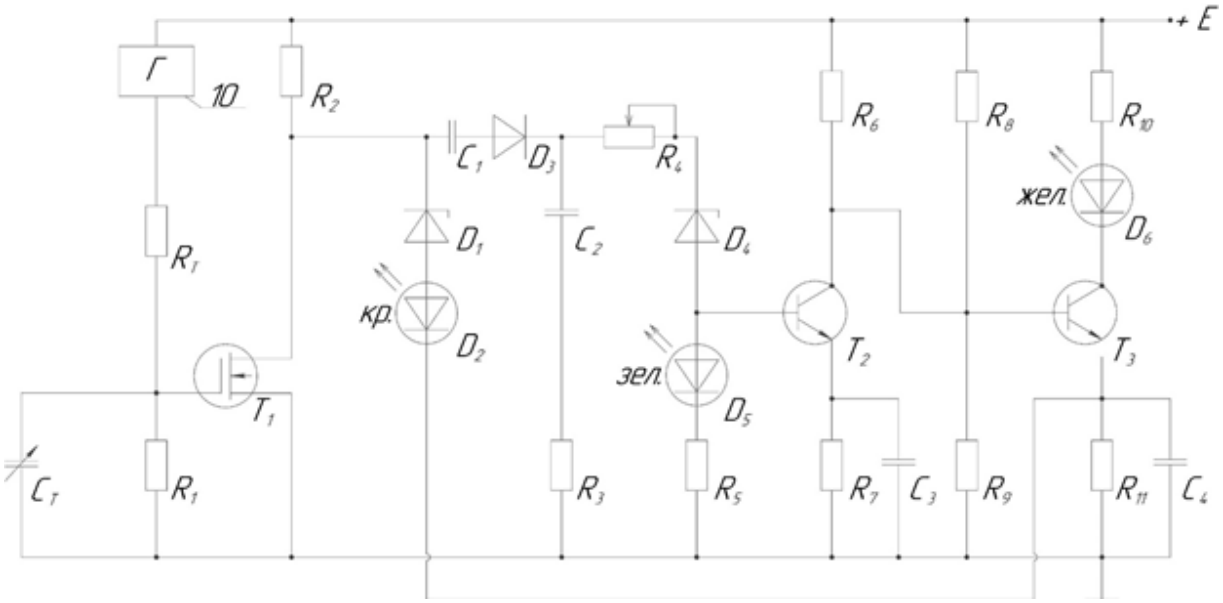


Рис. 3 – Принципиальная схема сигнализатора

При износе накладки 1, близком к критическому, емкость конденсатора СТ нарастает с обратной пропорциональностью согласно выражению (1). При этом его сопротивление по переменному току (2) линейно уменьшается. Конденсатор C_T своим малым сопротивлением шунтирует резистор R_1 и полное внешнее сопротивление на затворе T_1 уменьшается, сигнал на входе уменьшается. Усиленное переменное напряжение уменьшается. Уменьшается и напряжение зарядки конденсатора C_2. Когда напряжение зарядки конденсатора становится меньше напряжения стабилитрона D_4, то последний закрывается, зеленый светодиод отключается и напряжение на входе T_2 обнуляется. При этом транзистор T_2 закрывается, а транзистор Т3 открывается, и включается желтый светодиод D_6. Когда накладка изнашивается до замыкания электрода 2 с тормозимым телом 6, переменное и постоянное напряжения на входе T_1 равны нулю и транзистор T_1 закрывается. Напряжение на стоке транзистора становится равным напряжению источника ЭДС (питания) Е, величина которого больше напряжения стабилитрона D_1, стабилитрон открывается и включается красный светодиод D_2. При этом постоянное напряжение через согласующее сопротивление R_3 поступает на эмиттерный резистор R_{11} транзистора T_3. Напряжение на резисторе R_3 становится больше, чем напряжение на резисторе R_9 базы транзистора T_3, и этот транзистор закрывается; желтый диод отключается.

Таким образом, схема (рисунки 2, 3) обеспечивает световую сигнализацию состояния накладки тормозной колодки непрерывно с помощью светодиодов. При достаточной толщине накладок включен зеленый светодиод; при износе, близком к критическому, включается желтый светодиод; при износе до и свыше критического включается красный светодиод. Единовременно светится только один светодиод.

Выводы

1. Рассмотрены и выделены особенности автоматизированных и роботизированных электроме-

ханических систем.

2. Разработан принцип построения микросистемного сигнализатора состояния тормозной колодки автомобиля.

3. Разработано индикаторное устройство для визуального функционального контроля состояния тормозных колодок автомобиля.

Заключение

Проведенные исследования позволили всесторонне рассмотреть и выделить особенности автоматизированных и роботизированных электромеханических систем, разработать принцип построения микросистемного сигнализатора состояния тормозной колодки автомобиля.

Разработка индикаторного устройства для визуального функционального контроля водителем состояния тормозных колодок автомобиля делает возможным предотвращение нештатных ситуаций, которые могут возникнуть из-за невозможности эффективного пользования рабочей тормозной системой автомобиля по причине предельно допустимого или неравномерного износа фрикционных накладок тормозных колодок.

Список литературы

1.Анализ методов технического диагностирования автомобилей / Дорофеева К.А., Борычев С.Н., Кокорев Г.Д., Успенский И.А., Юхин И.А. // В сборнике: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых. Материалы научно-практической конференции с международным участием. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2018. С. 162-168. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35318349

2.Безруков Д.В. Роль диагностирования тормозных систем в повышении безопасности движения и эффективности технической эксплуатации / Д.В. Безруков, Г.Д. Кокорев, И. А. Успенский, И.Н. Николотов // XII Международная научно-практическая конференция: Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей. – Владимир.:2010. – С.329-311. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21268577.

3.Беляков В.В. Многокритериальная оптимизация в задачах оценки подвижности, конкурентоспособности автотракторной техники и диагностики сложных технических систем / В.В. Беляков, М.Е. Бушуева, В.И. Сагунов. // Вестник НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н. Новгород: НГТУ, 2001. – С.271-278. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23126069.

4.Бышов Н.В. Диагностирование мобильной сельскохозяйственной техники с использованием прибора фирмы “Samte” / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, Г.Д. Кокорев // В электронном журн. «Научный журнал КубГАУ». – 2012 г., № 04 (078), режим доступа: http://ej.kubagro.ru/ 2012/4/ pdf/42.pdf, С. 487-497. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=17714629.

5.Воробьев Д.А. Методы определения рациональной периодичности контроля технического состояния тормозной системы мобильной сельскохозяйственной техники / Воробьев Д.А., Алленов Д.Г., Кокорев Г.Д. // В сборнике: Актуальные вопросы применения инженерной науки. Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. // Министерство сельского хозяйства РФ, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. 2019. С. 241-245. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22986863

6.Игумнов А.А. Исследование статистических характеристик диагностических значений при дистанционном мониторинге технического состояния машин. Политранспортные системы: Материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке». – Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2015. – С. 69-73. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23712766.

7.Кабиров Р. Р. Управление эффективностью эксплуатации транспортно-технологических комплексов / Р.Р. Кабиров, Е.В. Самойлова, О.А. Шаламова, Е.О. Юркова // Политранспортные системы: Материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке». – Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2015. – С. 38-42. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23712816.

8.Кокорев Г.Д. Системы мониторинга и диагностики автомобильного транспорта в сельском хозяйстве по вибрации / Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и молодых ученых РГАТУ им. П. А. Костычева. – Рязань.:2009. – С.193-199. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21268565.

9.Кокорев Г.Д. Системы мониторинга и диагностики автомобильного транспорта в сельском хозяйстве по вибрации / Г.Д. Кокорев, И. А. Успенский, И.Н. Николотов, Н.В. Бышов // Всероссийская научно-техническая конференция: Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем. – Саранск.:2009. – С. 176-182. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21268566.

10.Кокорев Г.Д. Тенденции развития технической эксплуатации автомобильного транспорта / Г.Д. Кокорев, И. А. Успенский, И.Н. Николотов. // II Международная научно-производственная конференциям: Перспективные направления автомобильного комплекса. – Пенза.:2009. – С.135-138. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21268552.

11.Методы определения рациональной периодичности контроля технического состояния тормозной системы мобильной сельскохозяйственной техники / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский [и др.] // Науч. журн. КубГАУ. - 2013. - № 86 (02). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22986863

12.Разработка таблицы состояний и алгоритма диагностирования тормозной системы / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Кокорев Г.Д., Успенский И.А., Николотов И.Н., Гусаров С.Н., Лыков С.В. // Вестник КрасГАУ. 2013. № 12 (87). С. 179-184. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21011757

13.Успенский И. А. Применение экспертных

систем для мониторинга технического состояния автомобильного транспорта / И. А. Успенский, Г.Д. Кокорев, Р.В. Филатов // Конференция: Проблемы развития машинных технологий и технических средств производства сельскохозяйственной продукции. – Пенза.: 2002. – С.67-69.URL: ttps://elibrary.ru/item.asp?id=21268878.

14.Byshov N.V., Borychev S.N., Bakulina G.N., Fedoskin V.V., Fedoskina I.V., Pikushina M.Yu. Systems analysis when evaluating and forecasting of agricultural enterprises//Religación. revista de ciencias sociales yhumanidades.–2019.– Vol.4, №18.– P.390-404. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43937669.

15.Dorokhin, S., Ivannikov, V., Yakovlev, K., (...), Borychev, S., Terentyev, A. Reducing the everity of a traffic accident IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 33(1),012014, 2020. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43079831.

16.Polischuk, S.D., Stekolnikov, Y.A., Churilov, D.G., (...), Stekolnikova, N.Y., Astanin, V.K. orrective maintenance and hardening of agricultural machinery parts// Key Engineering Materials Volume 836 KEM, 2020, Pages 158-167. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43286781.

17.Rembalovich, G., Terentyev, V., Andreev, K., Anikin, N., Teterin, V.Improving the emergency system for a traffic accident// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.–2020. – Vol. 918(1).–012072. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41220351.

18. Uspensky, I.A., Borychev, S.N., Kokorev, G.D., Yukhin, I.A., Kolupaev, S.V., Rodionova, E.A., Asoyan, A.R. Kolotov, A.S. Murog, I.A., Tronev, S.V. Increase of the resource of brake pads by using the driver's information device about wearing friction linings// ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences.–2019.–Vol. 14, Iss. 12.–P. 2320-2323. URL: https://elibrary.ru/contents.asp?id=41677110.

THE PRINCIPLE OF CONSTRUCTING A MICROSYSTEM INDICATOR OF THE STATE OF THE BRAKE PAD OF A ROBOTIC CAR

Kostenko Mikhail Yu., *Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, kostenko.mihail2016@yandex.ru*

Semynin Mikhail V., *Post-graduate student of the Department of Technical Operation of Transport, glamsonic@yandex.ru*

Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev.

Volkov Stepan S., *doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Automotive Engineering, volkovstst@mail.ru*

Semynin Vladimir V.., *candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Researcher of the Research Department, vsemynin@yandex.ru*

Ryazan Guards Higher Airborne Command School named after General of the Army V. F. Margelov.

Problem and purpose. *With the development and widespread use of wheeled ground transport equipment, increased requirements are put forward for the device of machines, their controllability, while simplifying the requirements for the driver to control the machine and ensure its functioning in a wide range of technical capabilities. The aim of the research was the theoretical substantiation and practical implementation of the method for continuous monitoring of the state of the brake pads of the KamAZ car.*

Methodology. *Microsystem device for monitoring the condition of the brake pad, which meets the requirements of automation and robotization. The electrical circuit of the device is built in an analog form with continuous registration of a non-electrical signal about the state (wear thickness) of the pad in a converted electrical form. The principle of operation of the signaling device of the state of the brake shoe of a car is based on the use of the phenomenon of change in the electrical capacitance of a capacitor C with an insulating gasket between the electrodes when the thickness of this insulator changes. If a metal electrode is embedded in the ceramic (insulating) lining of the brake shoe, then it forms an electric capacitance C with the surface of the braking metal body. This allows the wear layer of the brake pad friction lining to be used as an insulating pad. In such a sensor, the primary source of information will be the directly monitored parameter - the residual working layer of the friction lining of the brake shoe*

Results. Development *of an indicator device that allows the driver, who is in the cab of the car, without interrupting control, to continuously monitor the state of the brake linings (thickness of the working layer) up to the critical state, at which the further operation of the vehicle becomes unsafe.*

Conclusion. *The development of an indicator device for visual functional control by the driver of the state of the brake pads of a car makes it possible to prevent abnormal situations that may arise due to the impossibility of effective use of the working brake system of the car, due to the maximum permissible or uneven wear of the friction linings of brake pads.*

Key words: *automation, microsystem device, brake pad, electrode, display.*

Literatura

1.Analiz metodov tekhnicheskogo diagnostirovaniya avtomobilej / Dorofeeva K.A., Borychev S.N., Kokorev G.D., Uspenskij I.A., YUhin I.A. // V sbornike: Tendencii razvitiya agropromyshlennogo kompleksa glazami molodyh uchenyh. Materialy nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii; Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni

P.A. Kostycheva». 2018. S. 162-168. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35318349

2.Bezrukov D.V. Rol' diagnostirovaniya tormoznyh sistem v povyshenii bezopasnosti dvizheniya i effektivnosti tekhnicheskoj ekspluatacii / D.V. Bezrukov, G.D. Kokorev, I. A. Uspenskij, I.N. Nikolotov // XII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya: Fundamental'nye i prikladnye problemy sovershenstvovaniya porshnevyh dvigatelej. – Vladimir.:2010. – S.329-311. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21268577.

3.Belyakov V.V. Mnogokriterial'naya optimizaciya v zadachah ocenki podvizhnosti, konkurentosposobnosti avtotraktornoj tekhniki i diagnostiki slozhnyh tekhnicheskih sistem / V.V. Belyakov, M.E. Bushueva, V.I. Sagunov. // Vestnik NGTU im. R.E. Alekseeva. N. Novgorod: NGTU, 2001. – S.271-278. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23126069.

4.Byshov N.V. Diagnostirovanie mobil'noj sel'skohozyajstvennoj tekhniki s ispol'zovaniem pribora firmy “Samte” / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspenskij, G.D. Kokorev // V elektronnom zhurn. «Nauchnyj zhurnal KubGAU». – 2012 g., № 04 (078), rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/ 2012/4/pdf/42.pdf, S. 487-497. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=17714629.

5.Vorob'ev D.A. Metody opredeleniya racional'noj periodichnosti kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya tormoznoj sistemy mobil'noj sel'skohozyajstvennoj tekhniki / Vorob'ev D.A., Allenov D.G., Kokorev G.D. // V sbornike: Aktual'nye voprosy primeneniya inzhenernoj nauki. Materialy Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. // Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF, Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva. 2019. S. 241-245. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22986863

6.Igumnov A.A. Issledovanie statisticheskih harakteristik diagnosticheskih znachenij pri distancionnom monitoringe tekhnicheskogo sostoyaniya mashin. Politransportnye sistemy: Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii v ramkah goda nauki Rossiya – ES «Nauchnye problemy realizacii transportnyh proektov v Sibiri i na Dal'nem Vostoke». – Novosibirsk: Izd-vo SGUPSa, 2015. – S. 69-73. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23712766.

7.Kabirov R. R. Upravlenie effektivnost'yu ekspluatacii transportno-tekhnologicheskih kompleksov / R.R. Kabirov, E.V. Samojlova, O.A. SHalamova, E.O. YUrkova // Politransportnye sistemy: Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii v ramkah goda nauki Rossiya – ES «Nauchnye problemy realizacii transportnyh proektov v Sibiri i na Dal'nem Vostoke». – Novosibirsk: Izd-vo SGUPSa, 2015. – S. 38-42. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23712816.

8.Kokorev G.D. Sistemy monitoringa i diagnostiki avtomobil'nogo transporta v sel'skom hozyajstve po vibracii / Sbornik nauchnyh trudov professorsko-prepodavatel'skogo sostava i molodyh uchenyh RGATU im. P. A. Kostycheva. – Ryazan'.:2009. – S.193-199. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21268565.

9.Kokorev G.D. Sistemy monitoringa i diagnostiki avtomobil'nogo transporta v sel'skom hozyajstve po vibracii / G.D. Kokorev, I. A. Uspenskij, I.N. Nikolotov, N.V. Byshov // Vserossijskaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya: Povyshenie effektivnosti funkcionirovaniya mekhanicheskih i energeticheskih sistem. – Saransk.:2009. – S. 176-182. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21268566.

10.Kokorev G.D. Tendencii razvitiya tekhnicheskoj ekspluatacii avtomobil'nogo transporta / G.D. Kokorev, I. A. Uspenskij, I.N. Nikolotov. // II Mezhdunarodnaya nauchno-proizvodstvennaya konferenciyam: Perspektivnye napravleniya avtomobil'nogo kompleksa. – Penza.:2009. – S.135-138. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21268552.

11.Metody opredeleniya racional'noj periodichnosti kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya tormoznoj sistemy mobil'noj sel'skohozyajstvennoj tekhniki / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspenskij [i dr.] // Nauch. zhurn. KubGAU. - 2013. - № 86 (02). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22986863

12.Razrabotka tablicy sostoyanij i algoritma diagnostirovaniya tormoznoj sistemy / Byshov N.V., Borychev S.N., Kokorev G.D., Uspenskij I.A., Nikolotov I.N., Gusarov S.N., Lykov S.V. // Vestnik KrasGAU. 2013. № 12 (87). S. 179-184. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21011757

13.Uspenskij I. A. Primenenie ekspertnyh sistem dlya monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobil'nogo transporta / I. A. Uspenskij, G.D. Kokorev, R.V. Filatov // Konferenciya: Problemy razvitiya mashinnyh tekhnologij i tekhnicheskih sredstv proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii. – Penza.: 2002. – S.67-69.URL: ttps://elibrary.ru/item.asp?id=21268878.

14.Byshov N.V., Borychev S.N., Bakulina G.N., Fedoskin V.V., Fedoskina I.V., Pikushina M.Yu. Systems analysis when evaluating and forecasting of agricultural enterprises//Religacion. revista de ciencias sociales yhumanidades.–2019.– Vol.4, №18.– R.390-404. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43937669.

15.Dorokhin, S., Ivannikov, V., Yakovlev, K., (...), Borychev, S., Terentyev, A. Reducing the everity of a traffic accident IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 33(1),012014, 2020. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43079831.

16.Polischuk, S.D., Stekolnikov, Y.A., Churilov, D.G., (...), Stekolnikova, N.Y., Astanin, V.K. orrective maintenance and hardening of agricultural machinery parts// Key Engineering Materials Volume 836 KEM, 2020, Pages 158-167. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43286781.

17.Rembalovich, G., Terentyev, V., Andreev, K., Anikin, N., Teterin, V.Improving the emergency system for a traffic accident// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.–2020. – Vol. 918(1).–012072. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41220351.

18.Uspensky, I.A., Borychev, S.N., Kokorev, G.D., Yukhin, I.A., Kolupaev, S.V., Rodionova, E.A., Asoyan, A.R. Kolotov, A.S. Murog, I.A., Tronev, S.V. Increase of the resource of brake pads by using the driver's information device about wearing friction linings// ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences.– 2019.– Vol. 14, Iss. 12.–P. 2320-2323. URL: https://elibrary.ru/contents.asp?id=41677110.

УДК 632.08:631.2 **DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.013**

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ АЭРАЦИЕЙ ЗЕРНА В КОНТЕЙНЕРАХ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДОЙ

ЛАТЫШЕНОК Надежда Михайловна, *канд. техн. наук, доцент, Рязанский агротехнологический университет им. П.А. Костычева, t921621@mail.ru*

Проблема и цель. *В период хранения зерна в нем происходят сложные физиологические процессы, которые могут сопровождаться изменением температуры и влажности зерновой массы, интенсивным развитием в ней микроорганизмов и насекомых-вредителей и т. д. Для недопущения подобных явлений в зернохранилищах используются системы активной вентиляции (САВ) зерновой насыпи. Для повышения эффективности работы САВ в странах Северной Америки и ЕС используют сложные электронные блоки управления (ЭБУ), которые на порядок дороже простых и требуют для их программирования высокой квалификации обслуживающего персонала. Поэтому на сегодняшний день наиболее перспективным направлением развития автоматических систем управления вентиляционными установками зернохранилищ является использование простых ЭБУ в комплекте с комбинированными электронными контрольно-измерительными устройствами (датчиками). Целью настоящего исследования было сравнение эффективности работы систем активного вентилирования в металлическом силосе и принудительной аэрации в контейнере с регулируемой газовой средой за счет применения простых ЭБУ при хранении семенного зерна.*

Методология. *В качестве объекта исследования были взяты технологии управления системой активного вентилирования с использованием простых ЭБУ и принудительной аэрации зерновой насыпи в контейнере с регулируемой газовой средой, управляемой ЭБУ в комплекте с комбинированными электронными контрольно-измерительными устройствами. Образцами для исследования служили семена яровой пшеницы «КВС Аквилон», полученные от пересева элитных семян третьего поколения категории РС-3. В ходе сравнительных испытаний оценивалось влияние исследуемых технологий на условия хранения семенного зерна и жизнедеятельность насекомых-вредителей.*

Результаты. *Применение САВ в металлических силосах с автоматическим управлением простым ЭБУ не обеспечивает достаточной сохранности посевных качеств семенного зерна. Так, как в процессе его сезонного хранения не исключена вероятность образования конденсата влаги на внутренней стенке силоса, отпотевания зерна, наблюдался рост популяции насекомых- вредителей. Замена САВ на систему принудительной вентиляции в контейнере с регулируемой газовой средой, управляемую ЭРУ на основе микропроцессора Arduino UNO и комбинированных датчиков-регистраторов температуры и влажности воздуха DT 171, позволяет сохранить репродуктивные свойства семян, при этом более интенсивно проводить охлаждение зерна за счет естественного теплообмена с окружающей средой и сократить более чем в 20 раз популяцию насекомых-вредителей.*

Заключение. Применение контейнеров с регулируемой воздушной средой, управляемой работой ЭБУ на основе микропроцессора Arduino UNO и комбинированных датчиков-регистраторов температуры и влажности воздуха DT 171, позволяет сохранить посевные качества зерна, при этом снизить затраты электроэнергии и трудоемкость выполнения работ, проводить эффективную борьбу с насекомыми-вредителями за счет разрежённости воздушной среды.

Ключевые слова: *хранение, зерно, система активного вентилирования, электронный блок управления (ЭБУ), металлический силос, герметичный контейнер.*

Введение

Зерно, заложенное на хранение, требует постоянной заботы и защиты от таких вредных факторов как самосогревание, прорастание, развитие грибковой плесени и размножение насекомых-вредителей.

В период хранения зерно проходит стадию послеуборочного физиологического дозревания, которое может сопровождаться испарением избыточной влаги, ростом температуры зерновой

© Латышенок Н. М., 2021г.

массы, интенсивным развитием насекомых-вредителей.

Для недопущения подобных явлений в зернохранилищах используются системы активного вентилирования (САВ), которые должны охлаждать зерно, при этом выравнивания температуру в различных слоях зерновой насыпи, обеспечить защиту зерна от насекомых-вредителей за счет охлаждения зерна или применения инсектицидов.

В странах Северной Америки и ЕС для повышения эффективности использования САВ всё более широкое применение находят автоматические ЭБУ вентиляционной установкой. Они позволяют до минимума снизить энергетические затраты за счет эксплуатации вентилятора только в течение времени, необходимого для охлаждения зерна до заданной температуры, и затраты ручного труда операторов, связанные с неизбежно возникающими ошибками.

ЭБУ разделяют на простые, которые контролируют не более двух параметров условий хранения зерна, обычно температуру и время, и сложные, в которых число параметров контроля более двух (температура, влажность воздуха, содержание углекислого газа и т.п.). Сложные блоки управления вентиляцией программируются и используются не только для охлаждения зерна, но и для его низкотемпературного досушивания непосредственно в металлических силосах. Они на порядок дороже простых блоков и требуют высокой квалификации обслуживающего персонала, что не всегда может обеспечить сельский товаропроизводитель.

Поэтому на сегодняшний день наиболее перспективным направлением развития автоматических систем управления вентиляционными установками зернохранилищ является использование простых ЭБУ в комплекте с комбинированными и более универсальными электронными контрольно-измерительными устройствами (датчиками), установленными в зернохранилище.

Целью настоящего исследования было сравнение эффективности работы систем активного вентилирования в металлическом силосе и принудительной аэрации в контейнере с регулируемой газовой средой за счет применения простых ЭБУ при хранении семенного зерна.

Теоретические исследования

Простой электронный блок управления встраивается в электрическую схему вентиляции между вентилятором и датчиками контроля температуры наружного воздуха; он включает центробежный вентилятор САВ зернохранилища, когда температура наружного воздуха опускается ниже значения, заданного оператором на термостате блока управления, а также записывает в блок памяти ЭБУ время работы вентилятора.

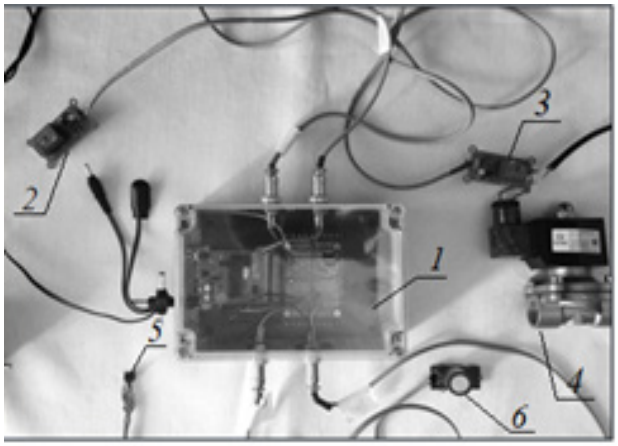
В связи с особенностями комплектации простых ЭБУ существуют две технологии управления системой активного вентилирования металлических силосов:

первая – «по времени работы вентилятора» (ЭБУ имеет только датчик контроля температуры наружного воздуха), т.е. сразу после закладки зерна на хранение настраивают термостат на необходимую температуру и подключают вентиляционную систему к источнику питания. Вентилятор включается в работу, когда температура наружного воздуха становится ниже температуры, выставленной на термостате. После того как вентилятор отработает определённое количество часов, производят перенастройку термостата на более низкую температуру. Эту процедуру проводят в несколько циклов, пока не будет достигнута необходимая температура зерна.

Вторая – «по фактической температуре зерна» (ЭБУ имеет дополнительный датчик или датчики температуры, установленные внутри металлического силоса). Температуру на термостате блока управления системой активного вентилирования выставляют в зависимости от температуры зерновой насыпи, находящейся внутри металлического силоса, и вентилятор отключается при выравнивании этих температур. По психрометру через определённый промежуток времени устанавливается относительная влажность наружного воздуха, а затем с помощью таблиц определяется равновесная влажность зерна. Если равновесная влажность зерна ниже фактической, то проводят коррекцию температуры термостата, если выше или равная, то коррекцию не осуществляют [1].

В контейнере с регулируемой газовой средой [2, 3, 4] вместо системы активного вентилирования используется система принудительной аэрации.

Управление работой системы принудительной аэрации герметичного контейнера осуществляется с помощью автоматического ЭБУ, собранного на базе микропроцессора Arduino UNO (рис.1), который позволяет в автоматическом режиме попеременно контролировать один из параметров условий хранения семенного зерна и при необходимости включать систему аэрации зерновой насыпи.



1 – микропроцессор Arduino UNO; 2 – переключающее реле вакуумного насоса RDC1-1RT;
3 – переключающее реле атмосферного электромагнитного клапана RDC1-1RT;
4- электромагнитный клапан СК –11–15 РОСМА; 5 – датчик давления воздушной смеси MPXHZ 6400 FC6T1; 6 – датчик контроля содержания кислорода в воздушной смеси МЕ-О2-Ф20;

Рис. 1 – Общий вид автоматического электронного блока управления

Рис. 2 – Регистратор влажности и температуры с USB-интерфейсом модели DT-171

Основной задачей автоматического ЭБУ является контроль и поддержание установленных значений параметров условий хранения семенного зерна в контейнере с регулируемой газовой средой которые осуществляются с помощью регистраторов температуры и относительной влажности воздуха DT-171 (рис. 2), датчика контроля давления воздушной смеси MPXHZ 6400 FC6T1, датчика контроля содержания кислорода в воздушной смеси МЕ-O_2-Ф20. Управление работой контейнера с регулируемой газовой средой осуществляется атмосферным электромагнитным клапаном СК-11-15 РОСМА и вакуумным насосом через переключающее реле RDC1-1RT. Автоматический ЭБУ через USB-разъём может быть соединён с персональным компьютером для оперативного контроля условий хранения зерна.

Охлаждение зерна в контейнере с регулируемой газовой средой происходит в ходе естественного теплообмена зерна с окружающей средой. Автоматический электронный блок управляет процессом хранения семенного зерна в контейнере с регулируемой газовой средой в двух режимах: штатном и аварийном. В штатном режиме блок управления выставляет рабочее давление воздушной смеси в контейнере и контролирует концентрацию кислорода, температуру и относительную влажность воздушной смеси. Для этого ЭБУ подаётся команда на закрытие атмосферного электромагнитного клапана и включение вакуумного насоса, который снижает давление воздушной смеси в контейнере до 66 кПА.

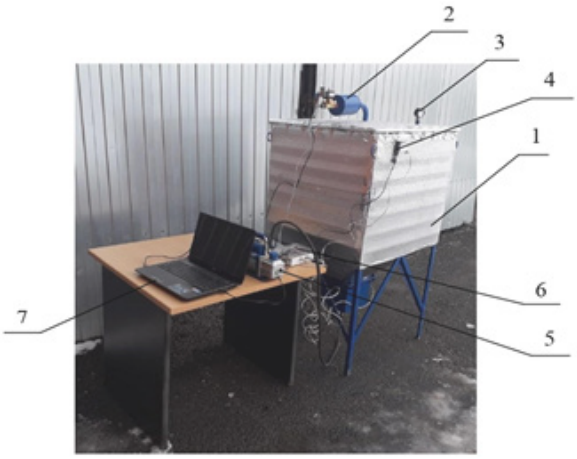
В процессе хранения семенного зерна ЭБУ через каждые 6 часов работы попеременно контролирует температуру, относительную влажность воздуха и содержание кислорода в воздушной смеси в зерновой насыпи. При получении сигнала о несоответствии одного из параметров установленному технологией хранения значению ЭБУ переходит на рабочий режим работы, который предусматривает прокачку предварительно осушенного абсорбционным осушителем наружного воздуха вакуумным насосом через зерновую насыпь в контейнере. Прокачка осушенного воздуха производится до тех пор, пока нарушенный технологический параметр не примет заданного значения, после чего ЭБУ подаёт команду на переход в штатный режим хранения зерна.

Методика исследований

В задачи исследований входило проведение сравнения качества и условий хранения семенного зерна и борьбы с насекомыми-вредителями в металлических силосах с системой активного вентилирования управляемого простыми ЭБУ, и в контейнере с регулируемой газовой средой с автоматическим блоком управления процессом принудительной аэрации.

В исследовании изучались технологии активной вентиляции металлических силосов с применением простого электронного блока управления, настроенного по времени работы вентилятора и по фактической температуре зерна, а также технологии хранения семенного зерна в герметичном контейнере с регулируемой газовой средой, имеющем ЭБУ для автоматического управления системой аэрации.

В качестве образцов для исследования использовались репродуктивные семена яровой пшеницы «КВС Аквилон», полученные от пересева элитных семян. Для определения эффективности применения простых ЭБУ с комбинированными контрольно-измерительными устройствами при хранении семенного зерна были использованы металлические силосы фирмы HuaboMode № 18-00603 (емкостью 10 м³, оборудованные стандартным шкафом управления вентиляторами MCV-5, ЭБУ температурой CHUT- E-3-11, и датчиками контроля температуры TG-KH3/1000 фирмы Regin), а также модель герметичного контейнера с регулируемой газовой средой (рис. 3).



1 – корпус контейнера с теплозащитным покрытием; 2 – осушитель воздуха с атмосферным электромагнитным клапаном; 3 – вакуумметр GSGJ 27100; 4 – датчик контроля влажности и температуры воздуха DT-171; 5 – вакуумный насос RDC1-1 RT; 6 – автоматический электронный блок управления; 7 – персональный компьютер

Рис. 3 – Модель контейнера с регулируемой газовой средой для хранения семенного зерна в регулируемой воздушной среде

Активное вентилирование (аэрация) проводилось:

– при температуре наружного воздуха ниже значения температуры, выставленной на термостате в соответствии с рекомендациями (табл. 1);

– при превышении влажности зерна равновесного значения относительной влажности воздушной смеси в зерновой насыпи;

– при выравнивании температуры и влажно-

сти зерна в общей массе хранения;

– при снижении содержания кислорода в воздушной смеси ниже 14 % и увеличении содержания углекислого газа выше 7 %;

– при повышении температуры зерновой насыпи внутри силоса над температурой наружного воздуха более 6 °С.

Таблица 1 – Рекомендуемые установки термостата для автоматического управления САВ «по времени работы вентилятора» при хранении пшеницы в металлическом силосе

	Первый цикл	Второй цикл	Третий цикл
Температура зерна, °С	20 -25	18	7
Температура на термостате, °С	15	10	5
Время работы вентиляции, час	90	80	90

Качество семенного зерна после периода сезонного хранения оценивалось по стандартной методике, предусмотренной ГОСТ Р 52335-2005.

Исследования эффективности борьбы с насекомыми вредителями проводились на основе положений государственного стандарта (ГОСТ 28666.1-90, 28666.2-90. 28666.3-90) скрытой зараженности насекомыми зерновых и бобовых культур.

Результаты исследования

Семенное зерно было заложено на сезонное хранение 15 августа 2020 года с влажностью 4,6 % и температурой 22 °С, имело сортовую чистоту 98,5 %, чистоту семян не ниже 93 % и поражение насекомыми вредителями 2,2 шт/кг.

При хранении зерна в металлическом силосе фирмы Huabo с ЭБУ, настроенным по времени работы вентилятора, сразу устанавливалась температура на термостате 15 °С и в таком режиме система активной вентиляции периодически работала в течение 90 часов. В сентябре температура наружного воздуха ниже 15 °С наблюдалась только в ночное время в течение 3-6 часов в сутки, поэтому первый цикл охлаждения проходил до первых чисел октября. В конце сентября-начале октября суточная температура наружного воздуха опустилась до 5-7 °С, пошли дожди. Это привело к тому, что процесс активной вентиляции сократился до 1-4-х часов в сутки, при этом в металлический силос стал поступать влажный воздух, способствующий образованию конденсата влаги в пристенном и верхнем слоях зерновой насыпи, отпотеванию зерна и росту популяции насекомых-вредителей.

С середины октября до начала декабря проходил второй и третий циклы охлаждения семенного зерна, при этом вентиляторы работали днём и ночью при холодной погоде, пока не было наработано необходимое время проведения активного вентилирования зерновой массы.

Удельный расход электроэнергии на активную вентиляцию зерновой массы составил 58,6 кВт·час / т., трудоемкость – 0,2 чел·час / т.

При хранении зерна в металлическом силосе фирмы Huabo с ЭБУ, настроенным «по фактической температуре зерна», общее время проведения активного вентилирования зерновой массы при еженедельной коррекции температуры термостата составило 198 часов. Оно проходило в ночные часы в сентябре и в течение суток в октябре-ноябре, при этом процессов, связанных с образованием конденсата влаги, возникновением очагов самосогревания зерна в различных слоях в зерновой насыпи, не наблюдалось. Удельный расход электроэнергии на активную вентиляцию зерновой массы составил 38,4 кВт·час / т., трудоемкость – 2,31 чел·час / т.

По результатам проведённых исследований нельзя признать справедливость положения, что применение простых ЭБУ, управляющих САВ в металлических силосах, обеспечивает защиту зерна от насекомых-вредителей за счет низкой температуры зерна [1].

Так, с конца августа до начала октября, когда температура зерновой насыпи в металлическом силосе была выше 10 °С, насекомые чувствовали себя достаточно комфортно, и их популяция увеличилась в 7-9 раз. Рост популяции насекомых-вредителей начал снижаться только в конце октября, когда температура зерновой массы в металлическом силосе составила 10-13 °С, а с декабря, при температуре зерновой массы ниже 5 °С, рост популяции полностью прекратился и начал постепенно снижаться. Проверка посевных качеств яровой пшеницы после её сезонного хранения (табл. 1) показала, что за восемь месяцев хранения численность насекомых-вредителей превысила первоначальное значение в 3,2-4.5 раз.

Контейнеры с регулируемой газовой средой на время сезонного хранения были установлены на открытой площадке с твёрдым покрытием под навесом, это привело к тому, что охлаждение зерна внутри контейнера за счет естественного теплообмена зерна с окружающей средой стало проходить более интенсивно. Вероятность возникновения температурных перепадов между слоями зерновой насыпи и образования конденсата влаги внутри герметичного контейнера была снижена за счет уменьшения объёма контейнера и использования абсорбционного осушителя наружного воздуха во время аэрации зерновой насыпи [5,6,7,8].

В сентябре температура зерна в контейнере снизилась до 13,8 °С. Поэтому основной задачей принудительной аэрации стала замена отработанной воздушной смеси с пониженным содержанием

кислорода на свежую воздушную смесь (среднесуточное изменение концентрации кислорода в воздушной смеси составило 0,54 %). Удельный расход электроэнергии на аэрацию зерновой насыпи составил 0,48 кВт·час/т., трудоемкость – 0,1 чел·час/т).

В октябре из-за резких суточных колебаний температуры наружного воздуха в периферийных слоях зерновой насыпи в герметичных контейнерах стали наблюдаться условия для образования конденсата влаги и отпотевания зерна. Для борьбы с этим явлением ЭБУ от 2 до 3 раз за месяц переходил на работу в аварийном режиме, периодически просасывая предварительно осушенный наружной воздух через зерновую насыпь. Контрольные пробы зерна показали, что уже к концу октября температура зерна снизилась до 8,9-9,4 °С при влажности зерна 14,4 %. Удельный расход электроэнергии на аэрацию зерновой насыпи составил 2,8 кВт·час/т., трудоемкость – 0,1 чел·час/т).

В ноябре скорость изменения концентрации кислорода в воздушной смеси в герметичных контейнерах была равна 0,71 % в сутки при температуре зерновой массы 4,5 °С. Это было связано с тем, что в процессе аэрации проходила досушка зерновой массы в периферийном слое внутри контейнера. Контрольные пробы зерна показали, что влажность зерна – 13,9 %, температура – 4,8 °С. Удельный расход электроэнергии на аэрацию зерновой насыпи составил 0,48 кВт·час/т., трудоемкость – 0,1 чел·час/т).

В декабре 2020 г. и январе 2021г. температура зерна в герметичных контейнерах снизилась до отрицательных значений и оставалась таковой до апреля 2021 года. Это резко сократило биологическую активность зерна, скорость изменения концентрации кислорода в воздушной среде сократилась 0,01-0,05 % в сутки, и аэрация зерновой насыпи в конце сезонного хранения больше не проводилась.

Применение способа принудительной аэрации зерновой насыпи в контейнере с регулируемой газовой средой позволил вести борьбу с насекомыми-вредителями не только за счет охлаждения зерновой массы, но и за счет разрежения воздушной среды. Ведь на основе проведённых исследований было установлено, что при давлении воздушной смеси внутри контейнера ниже 70 кПа насекомые впадают в состояние анабиоза, а при давлении около 35 кПа популяция насекомых начинает погибать [9,10,11,12].

Поэтому сразу после загрузки семенного зерна в контейнер автоматический ЭБУ системой аэрации включался сначала в ручном режиме, при котором проводилась откачка воздушной смеси из рабочего объёма контейнера до достижения давление воздуха 30-35 кПА. При таком давлении популяция насекомых-вредителей, находящихся в зерновой насыпи, сокращалась более чем в 20 раз в течение 48-72 часов, после чего блок управления переводился в штатный режим работы.

Результаты проверки качества семян яровой пшеницы после периода сезонного хранения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Посевные качества семян яровой пшеницы после сезонного хранения

Технология управления системой активной вентиляции (аэрации) зерновой насыпи	Сортовая чистота, %	Содержание семян других растений, шт./кг.	Поражение насекомыми вредителями, шт/кг	Чистота семян, %	Лабораторная всхожесть семян, %.	Категория семян
Металлический силос Huabo с ЭБУ по времени работы вентилятора	98.5	38.5	9,9	93,6	84.3	РСт
Металлический силос Huabo с ЭБУ по фактической температуре зерновой насыпи	98.5	38.5	7,2	97,4	87.6	РСт
Контейнер с разрежённой воздушной средой и автоматическим ЭБУ	98.5	37.1	0,1	97,9	96.9	РС-3

Из приведённых в таблице данных видно, что в металлических силосах с автоматическим управлением активной вентиляцией за 8 месяцев сезонного хранения посевные качества элитных семян яровой пшеницы (категория РС-3) снизились до категории репродуктивных семян для производства товарной продукции.

Внедрение герметичного контейнера с автоматическим электронным блоком управления позволило сохранить посевные качества семян яровой пшеницы, при этом снизить себестоимость хранения на 17,3 %.

Заключение

Анализируя полученные результаты применения электронных блоков управления активной вентиляцией зерна в металлических силосах, можно сделать следующий вывод. Несмотря на малый срок строительства и невысокую трудоемкость и себестоимость хранения зерна в силосах из-за большой разницы теплопроводностей ме-

таллических конструкций и зерновой насыпи они не приспособлены для хранения семян, и могут быть использованы для кратковременного хранения фуражного и продуктового зерна в качестве перевалочных пунктов, в ожидании погрузки в автомобильный или железнодорожный транспорт [13,14,15].

Применение герметичных контейнеров с регулируемой воздушной средой ограниченной емкости, управляемой работой ЭБУ на основе микропроцессора Arduino UNO и комбинированных датчиков-регистраторов позволяет сохранить посевные качества зерна, при этом снизить затраты электроэнергии и трудоемкость выполнения работ, проводить эффективную борьбу с насекомыми- вредителями за счет разрежённости воздушной среда [16,17,18,19].

Список литературы

1. Комплекс для сохранения зерна в металлических силосах / Г.А. Закладной// Хлебопродукты. 2014.- №8. – с.40-41.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21736883

2. Изучение физико - механических характеристик кукурузных кормов /Ульянов В., Утолин В., Лузгин Н., Крыгин С., Паршина М. // BIO WebofConferences 2019.– Т. 17 - 2020-№00209. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44146625

3. Результаты исследований жизнедеятельности насекомых вредителей в период хранения зерна в контейнере с разрежённой атмосферой М.Б. Латышенок, Н.М. Латышенок, А.В. Ивашкин, Н.А. Костенко // Вестник РГАТУ. – 2019. №1 - С 119-123. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38247187

4. Особенности вентиляции зерновой насыпи находящейся на хранении в герметичном силосе с регулируемой воздушной средой М.Б. Латышенок., В.А. Макаров, Н.М., Латышенок, А.А. Слободскова, А.В. Ивашкин // Наука в центральной России. Тамбов. 2020 №3 С40-46. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43079694

5.Особенности хранения семенного зерна в металлических силосах Н.М. Латышенок, А.В. Ивашкин, А.А. Слободскова // Знания молодых – будущее России. Материалы XVIII Международной студенческой научной конференции: Сборник научных трудов. В 5 частях. 2020. С. 203-204. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43079694

6.Контейнер для хранения семенного зерна в регулируемой воздушной среде А.А. Слободскова, Н.М. Латышенок // Материалы всероссийской научно-практической конференции посвящённой 40-летию со дня организации студенческого конструкторского бюро (СКБ).Всероссийский фестиваль науки NAUKA 0+студенческого конструкторского бюро Рязанского государственного агротехнологического университета имени А.А. Костычева 2020. С. 53-56.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44163773

7. Изменения температуры пристенного слоя зерна в металлических элеваторах / В.Ф. Сорочинский // Хранение и переработка сельхозсырья. -2016-№4 С.13-16. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26255493

8.Эффективность и единство посадочно - уборочных комплексов в зерновомподкомплексе/Бышов Н., Макаров В., Макарова О., Гаспарян С., Новожилова З. // Серия конференций ИОП: Наука о земле и окружающей среде.-2019.-403(1).-012097. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012097

9.Amcost, 2006. Technologiestoreducepost-harvestfoodloss.TheAfricanMinisterialCouncilonScienceandTechnology (AMCOST) of the African Union (AU), Pretoria, South Africa http://www.nepadst.org//platforms/ foodloss.shtml [5] C. O. Anyim, (1991).

10. Benavides, C. Design of grain handling and storage facilities for tropical counters / C. Benavides, Don Sup Chung // Food and feed Grain Institute. – Manhattan, 1989.

11. Flinna, P.W. Simulation model of Rhyzoperthadominica population dynamics in concrete grain bins / P.W. Flinna, D.W. Hagstruma, C. Reed, T.W. Phillips. // Journal of Stored Products Research. – 2004. – №40. – С. 39-45.

12. Prospects and method of seed grain storage in a container with gasregulating medium To cite this article: N V Byshov M B Latyshenok, V A Makarov , N M Latyshenok et al 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 624 012118.DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012118

13.Исследование влияния конструктивно-технологических параметров смесителя - обогатителя концентрированных кормов на энергоемкость процесса смешивания / Д.Е. Каширин, А.А. Полякова // Вестник КрасГау, 2016. № 9 (120). С. 107-113. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26673580

14.Использование уравнения Фоккера-Планка для аналитического обоснования процесса смешивания в шнековом смесителе / А.А. Полякова, Д.Е. Каширин, М.Ю. Костенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 128. с. 1061-1070.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29187947

15.Моделирование тепловых процессов нагрева семян рапса при обработке в ЭМП СВЧ/ Е.С. Семина, О.О. Максименко, А.А. Слободскова[и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 123-129. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44620700

16. Разработка новых технических средств для термической обработки кормов в фермерских и личных подсобных хозяйствах/ Е.С. Семина, О.О. Максименко, А.А. Слободскова[и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 135-140. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44628315

17. К вопросу повышения посевных качеств семенного материала/ Е.С. Семина, А.А. Слободскова[и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 153-157.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44653470

18. Использование акселерометров для опре-

деления технологических параметров миксера кормораздатчика /А.А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2015. № 2 (26). - С. 112-115.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24832639

19. Обоснование параметров механического активатора смесителя-обогатителя / Д.Е. Каширин А.А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2017 № 1 (33). - С. 75-79. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29409334м

PROSPECTS FOR THE USE OF AN ELECTRONIC CONTROL UNIT FOR GRAIN AERATION IN SEALED CONTAINERS WITH A CONTROLLED AIR ENVIRONMENT

Latyshenok Nadezhda M., *candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ryazan Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, t921621@mail.ru*

Problem and goal. *During the period of grain storage, complex physiological processes occur in it, which can be accompanied by changes in the temperature and humidity of the grain mass, the intensive development of microorganisms and insect pests in it, etc.To prevent such phenomena in granaries, active ventilation systems of the grain embankment are used. To improve the efficiency of the SAA in North America and the EU, complex electronic control units are used, which are much more expensive than simple ones and require highly qualified service personnel to program them. Therefore, to date, the most promising direction of development of automatic control systems for ventilation installations of grain storage facilities is the use of a simple EBU complete with combined electronic control and measuring devices (sensors). The purpose of this study was to compare the efficiency of active ventilation systems in a metal silo and forced aeration in a sealed container with a controlled air environment through the use of simple ECUs in the storage of seed grain.*

Methodology. *As the object of research, the technologies of controlling the active ventilation system using simple ECUs and forced aeration of the grain mound in a sealed container with a controlled air environment controlled by the ECU, complete with combined electronic control and measuring devices, were taken. The samples for the study were the seeds of spring wheat "KVS Aquilon", obtained from the re-sowing of elite seeds of the third generation of the RS-3 category. In the course of comparative tests, the influence of the studied technologies on the storage conditions of seed grain and the vital activity of insect pests was evaluated.*

Results. *The use of SAV in metal silos with automatic control of a simple ECU does not provide sufficient safety of the sowing qualities of seed grain. Since in the process of its seasonal storage, the probability of the formation of moisture condensation on the inner wall of the silo, the sweating of grain, an increase in the population of insect pests was observed. Replacing SAV with a forced ventilation system in a sealed container with a controlled air environment controlled by ERU based on the Arduino UNO microprocessor and combined sensors-recorders of temperature and humidity DT 171, allows you to preserve the reproductive properties of seeds, while more intensively cooling the grain due to natural heat exchange with the environment and reducing the population of insect pests by more than 20 times.*

Conclusions. *The use of sealed containers with controlled air mediumcontrolled operation of the ECU based on the Arduino UNO microprocessor and combined sensors-recorders of air temperature and humidity DT 171 allows you to preserve the sowing quality of grain, while reducing the cost of electricity and labor intensity of work, to effectively combat insect pests due to the sparsity of the air environment*

Key words: *storage, grain, active ventilation system (SAV), electronic control unit(ECU), metal silo, sealed container.*

Literatura

1. Kompleks dlya sohraneniya zerna v metallicheskih silosah / G.A. Zakladnoj// Hleboprodukty. 2014.- №8. – s.40-41.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21736883

2. Izuchenie fiziko - mekhanicheskih harakteristik kukuruznyh kormov /Ul'yanov V., Utolin V., Luzgin N., Krygin S., Parshina M. // BIO WebofConferences 2019.– T. 17 - 2020-№00209. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44146625

3. Rezul'taty issledovanij zhiznedeyatel'nosti nasekomyh vreditelej v period hraneniya zerna v kontejnere s razrezhyonnoj atmosferoj [Tekst] M.B. Latyshenok, N.M. Latyshenok, A.V. Ivashkin, N.A. Kostenko // Vestnik RGATU. – 2019. №1 - S 119-123. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38247187

4. Osobennosti ventilyacii zernovoj nasypi nahodyashchejsya na hranenii v germetichnom silose s reguliruemoj vozdushnoj sredoj [Tekst] M.B. Latyshenok., V.A. Makarov, N.M., Latyshenok, A.A. Slobodskova, A.V. Ivashkin // Nauka v central'noj Rossii. Tambov. 2020 №3 S40-46. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43079694

5.Osobennosti hraneniya semennogo zerna v metallicheskih silosah [Tekst] N.M. Latyshenok, A.V. Ivashkin, A.A. Slobodskova // Znaniya molodyh – budushchee Rossii. Materialy XVIII Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii: Sbornik nauchnyh trudov. V 5 chastyah. 2020. S. 203-204.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43079694

6.Kontejner dlya hraneniya semennogo zerna v reguliruemoj vozdushnoj srede [Tekst] A.A. Slobodskova, N.M. Latyshenok // Materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii posvyashchyonnoj 40-letiyu so dnya organizacii studencheskogo konstruktorskogo byuro (SKB).Vserossijskij festival' nauki NAUKA

0+studencheskogo konstruktorskogo byuro Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni A.A. Kostycheva 2020. S. 53-56.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44163773

7. Izmeneniya temperatury pristennogo sloya zerna v metallicheskih elevatorah / V.F. Sorochinskij // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. -2016-№4 S.13-16. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26255493

8.Effektivnost' i edinstvo posadochno - uborochnyh kompleksov v zernovompodkomplekse/Byshov N., Makarov V., Makarova O., Gasparyan S., Novozhilova Z. // Seriya konferencij IOP: Nauka o zemle i okruzhayushchej srede.-2019.-403(1).-012097. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012097

9.Amcost, 2006. Technologiestoreducepost-harvestfoodloss.TheAfricanMinisterialCouncilonScienceand Technology (AMCOST) of the African Union (AU), Pretoria, South Africa http://www.nepadst.org//platforms/ foodloss.shtml [5] C. O. Anyim, (1991).

10. Benavides, C. Design of grain handling and storage facilities for tropical counters / C. Benavides, Don Sup Chung // Food and feed Grain Institute. – Manhattan, 1989.

11. Flinna, P.W. Simulation model of Rhyzoperthadominica population dynamics in concrete grain bins / P.W. Flinna, D.W. Hagstruma, C. Reed, T.W. Phillips. // Journal of Stored Products Research. – 2004. – №40. – S. 39-45.

12. Prospects and method of seed grain storage in a container with gasregulating medium To cite this article: N V Byshov M B Latyshenok, V A Makarov , N M Latyshenok et al 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 624 012118.DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012118

13.Issledovanie vliyaniya konstruktivno-tekhnologicheskih parametrov smesitelya - obogatitelya koncentrirovannyh kormov na energoemkost' processa smeshivaniya / D.E. Kashirin, A.A. Polyakova // Vestnik KrasGau, 2016. № 9 (120). S. 107-113.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26673580

14.Ispol'zovanie uravneniya Fokkera-Planka dlya analiticheskogo obosnovaniya processa smeshivaniya v shnekovom smesitele / A.A. Polyakova, D.E. Kashirin, M.YU. Kostenko // Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 128. s. 1061-1070. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29187947

15.Modelirovanie teplovyh processov nagreva semyan rapsa pri obrabotke v EMP SVCH/ E.S. Semina, O.O. Maksimenko, A.A. Slobodskova[i dr.] // Vestnik Soveta molodyh uchenyh Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2020. № 2 (11). S. 123-129.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44620700

16. Razrabotka novyh tekhnicheskih sredstv dlya termicheskoj obrabotki kormov v fermerskih i lichnyh podsobnyh hozyajstvah/ E.S. Semina, O.O. Maksimenko, A.A. Slobodskova[i dr.] // Vestnik Soveta molodyh uchenyh Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2020. № 2 (11). S. 135-140.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44628315

17.K voprosu povysheniya posevnyh kachestv semennogo materiala/ E.S. Semina, A.A. Slobodskova[i dr.] // Vestnik Soveta molodyh uchenyh Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2020. № 2 (11). S. 153-157.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44653470

18. Ispol'zovanie akselerometrov dlya opredeleniya tekhnologicheskih parametrov miksera kormorazdatchika /A.A. Polyakova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva, 2015. № 2 (26). - S. 112-115.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24832639

19. Obosnovanie parametrov mekhanicheskogo aktivatora smesitelya-obogatitelya / D.E. Kashirin A.A. Polyakova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva, 2017 № 1 (33). - S. 75-79. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29409334m

УДК 656.051

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.014

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ КУЗОВОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЛОШАДЕЙ АКУСТИКО-КАВИТАЦИОННЫМ СПОСОБОМ

НОВИКОВ Никита Михайлович, *кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, newweekoff@gmail.com*

КУКУШКИНА Татьяна Романовна, *аспирант кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, хирургии, акушерства и внутренних болезней животных, tkuckusc4kina@yandex.ru*

ШЕМЯКИН Александр Владимирович, *д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ОТП и БЖД, shem.alex62@yandex.ru*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Проблема и цель. *В России сельское хозяйство составляет 4,6 % валового внутреннего продукта и является ключевым аспектом в экономике страны. Сельскохозяйственная техника является неотъемлемой составляющей любой сельскохозяйственной отрасли и средством повышения экономической прибыли предприятий. Так как от чистоты машин зависит напрямую качество продукции, это обстоятельство нельзя обходить стороной. Грязь, скопленная за время работы техники, приводит не только к низким показателям качества производимой продукции, но и к быстрому изнашиванию самой техники.*

Методология. *Эффективная дезинфекция достигается физико-химическим и механическим способом воздействия на поверхность сельскохозяйственной техники. Первый метод очистки экономически не выгоден, так как слишком высоки затраты на использование химических реагентов во время обработки поверхности, которые оказывают также негативное воздействие на здоровье людей. Для грамотной очистки необходимо повышать давление подаваемой на поверхность жидкости, поэтому механический способ считается слишком энергозатратным. Сейчас развивается метод кавитационного воздействия для очистки техники.*

Результаты. *Исследования в этой области приводят к получению эффективной и качественной технологии, которая в дальнейшем сможет повысить качество производимой очистки и уменьшить материальные затраты на обработку. Сейчас достаточно быстро развивается данное направление, но при этом не все разработки выполняют заявленные функции полностью.*

Заключение. *В данной статье мы проанализировали ошибки предыдущих исследований и предложили практичное и выгодное решение. В статье приведены методы обработок, виды загрязнений, описание акустическо-кавитационного метода дезинфекции, его практическое применение и реализация конструкции.*

Ключевые слова: *обеззараживание, кавитация, акустическо-кавитационный метод, давление, средства дезинфекции транспортных средств, перевозка животных, обработка площадок после погрузки и выгрузки животных.*

Введение

Понятие дезинфекции появилось еще в средневековой Европе во время вспышек чумы. Люди массово умирали, тогда еще никто не представлял, как с этим бороться. Дезинфекция проводилась с помощью отваров и настоев трав, а инструменты закаливали на огне. В конце XI века ученые стали активно проводить исследования данной области. По прошествии лет этот процесс стал обыденным и незаменимым действием. Разработано множество видов, методов и средств дезинфекции. Ни одна сфера не обходится без этого мероприятия. Сельское хозяйство не стало исключением.

Сельскохозяйственная техника является необходимым компонентом производства и экономики предприятий. Качество использования техники неизбежно связано с качеством работ, продукции и здоровьем потребителей [9]. Дезинфекция – неотъемлемая часть сельскохозяйственного производства, так как в этой отрасли во время работы с животными она нужна постоянно [4]. Санитарная обработка устанавливается нормами соответствующих инстанций. Дезинфекция является неотъемлемой частью процесса профилактики распространения инфекционных заболеваний. Ее главная задача – пресечение увеличения инфекции [2,19].

Способы обработки со времен средневековья прошли большой путь, развиваясь год за годом. На данный момент существует пять основных методов дезинфекции [1]:

физический – суть метода заключается в обеззараживании объектов с помощью механической очистки, высоких температур, токов высокой частоты и ультразвука;

химический метод дезинфекции заключается в использовании химических веществ, приводящих к гибели микроорганизмов на поверхности и внутри, а также в воздухе;

биологический метод очистки базируется на сольватации различных микроорганизмов. Его применяют для обработки канализации, сточных вод и сливных конструкций

механический метод обработки представляет собой уничтожение микроорганизмов с помощью очистки. Данный способ не всегда эффективен, так как он не позволяет полностью избавиться от микробов на поверхности [10].

© Новиков Н. М., Кукушкина Т. Р., Шемякин А. В., 2021 г.

Акустико-кавитационный метод очистки впервые появился лишь несколько десятков лет назад. Он подразумевает образование в жидкости пузырьков газа за счет ударной акустической волны. Акустико-кавитационное явление состоит в том, что газ преобразуется в пузырьки, а затем освобождается из них. Звуковая волна образует неоднородное поле, которое обеспечивает поступательное движение пузырьку жидкости.

Объекты и методы

Процесс обработки сельскохозяйственных машин и их составляющих оказывает большое влияние на производительность, продукты и качество ремонта. Во время работы техники внутренние механизмы подвергаются загрязнениям. На них попадает большое количество пыли, грязи, остатков растений, химикатов и т.д. Сельскохозяйственная техника является прямым объектом сильных загрязнений из-за постоянной работы в экстремальных эксплуатационных условиях [2]. Накопление грязи внутри сельскохозяйственной техники, а именно оси колес, трансмиссия, ходовая часть, механизмы управления и двигатель, приводит к снижению надежности и КПД во время использования машин, а также к увеличению затрат на производстве, ускорению износа материалов, снижению качества продукции и росту травм [8].

Загрязнения бывают разного типа. Их подразделяют на:

растительные – образуются во время полевых работ;

маслянисто-грязевые – от дорожной пыли и грязи;

остатки ядохимикатов;

старые лакокрасочные покрытия;

продукты коррозии;

технологические загрязнения.

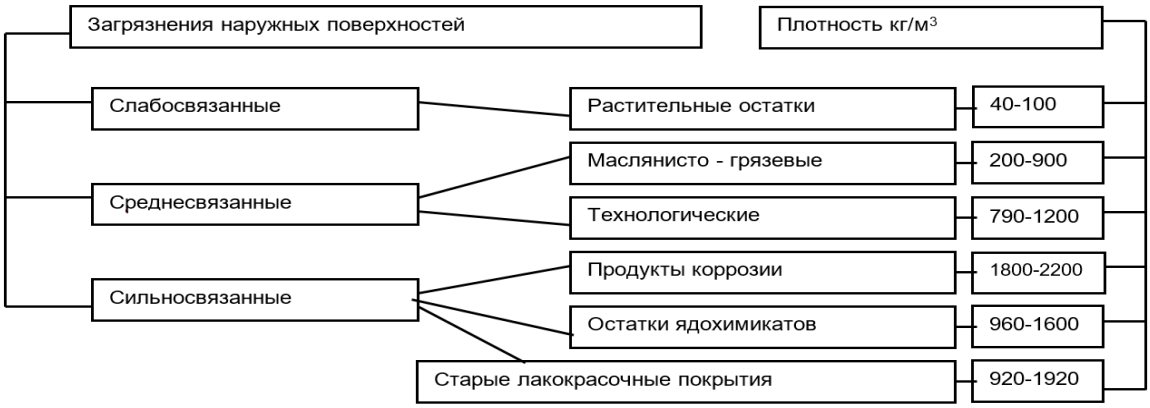


Рис. 1 – Классификация загрязнений в зависимости от трудности их удаления и их плотности

Существует множество технологий очистки поверхностей. Основными являются: пескоструйный, косточковой крошкой, гидроабразивный, водоструйный (рис. 2.).

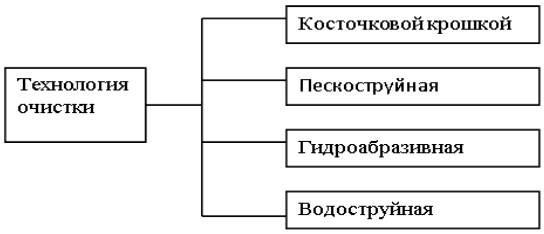


Рис. 2 – Технологии струйной очистки

Каждый из этих методов имеет множество недостатков – от загрязнения рабочей поверхности до слишком большого расхода воды. Акустическо-кавитационный метод очистки поверхности минимизирует количество используемой воды и затопленность рабочего пространства. На поверхность воздействуют кавитирующей струей воды, обогащая воду воздухом с помощью насоса высокого давления, создавая воздушную смесь. Далее подогревают и насыщают пузырьками парогазовой фазы и подают на очищаемую поверхность [12].

В сельском хозяйстве широко используются механические установки для очистки. Они классифицируются [1]:

1) по области применения:
   стационарные;
   передвижные;
   автономные;
2) по уровню давления подаваемой жидкости:
   низкого давления (до 0.35 МПа);
   среднего давления (до 0.8 МПа);
   высокого давления (свыше 0.8 МПа);
3) по виду конструкции для очистки:
   струйные;
   щеточные;
   комбинированные (струйные и щеточные);
4) по способу перемещения:
   проездные;
   подвижные.

На данный момент в мире набирает популярность инновационный метод обработки – кавитация –получение в жидкости полостей газа или

пара за счет уменьшения давления благодаря возникновению ударной акустической волны или внутреннего увеличения скорости.

Кавитационное воздействие – это совокупность химических и гидродинамических явлений. Оно относится к мягким методам воздействия, так как из-за небольшой температуры не приводит к разрушению обрабатываемых поверхностей [3].

Существует свод правил и норм, согласно которым использование транспорта для перевозки лошадей должно проходить только после тщательной дезинфекции. Мелкие детали конструкции не должны выпирать, так как транспортировка животных не должна наносить вред их здоровью и жизни. Использование метода дает повышение эффективности процесса обеззараживания сельскохозяйственных машин для перевозки лошадей [17]. Так как этот вид обработки только начинает развиваться, то увеличения действенности можно добиться путем разработки технологии и моечной установки акустико-кавитационного действия с определением режимов ее работы, обеспечивающих снижение затрат энергии и повышение производительности процесса обеззараживания.

Акустико-кавитационный способ обеззараживания наружных и внутренних поверхностей сельскохозяйственной техники обеспечивает увеличение производительности процесса и снижение электрических затрат. Для реализации данного способа разрабатывается конструкция устройства, обеспечивающего акустико-кавитационного воздействие на зараженные поверхности сельскохозяйственных машин.

Преимущества данного метода обработки:

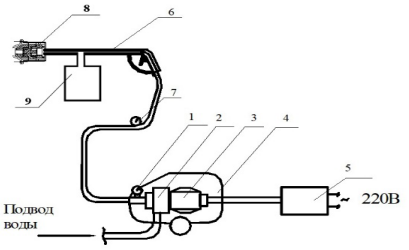
- быстрая очистка и дезинфекция труднодоступных и криволинейных поверхностей;
- очистка и дезинфекция поверхностей с обрастанием микроорганизмами;
- отсутствие вибрации, отдачи и полная безопасность от повреждения кавитационной струей для людей, занимающихся очисткой и дезинфекцией;
- сохранение лакокрасочного, антиобрастающего и антикоррозийного покрытия поверхностей;
- отсутствие необходимости периодической замены инструмента и расходных материалов в процессе работ;
-простота эксплуатации – метод не требует специальной подготовки людей, занимающихся очисткой и дезинфекцией.

Экспериментальная часть

Главной целью испытаний являлось определение эксплуатационных показателей разработки: надежность, расход воды, качество обработки поверхности, затраты и т.д, а также сравнение с помощью испытаний с уже существующими экспериментальными образцами. Для решения этих задач была создана установка, которая позволяет осуществлять дезинфекцию с помощью акустическо-кавитационного метода [16].

Моечная установка состоит из щита электропитания, насоса высокого давления, манометра, корпуса установки, электродвигателя, акустическо-кавитационного пистолета и сопла, баллона с дезинфицирующем раствором (рис. 3.). Технология обработки будет использоваться для дезинфекции при перевозке лошадей в сельском хозяйстве и при транспортировке животных в других отраслях.

Данный научно-технический продукт будет предназначен для предприятий и хозяйств, занимающихся разведением и перевозкой лошадей. В перспективе – для предприятий, занимающихся разведением и перевозкой любых сельскохозяйственных животных [14].

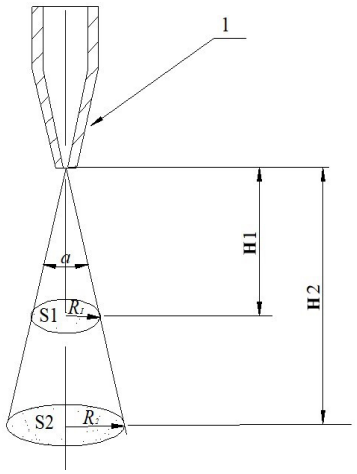


1 – акустическо-кавитационный пистолет, 2 – насос высокого давления, 3 – электродвигатель, 4 – корпус, 5 – щит электропитания, 6 – дезинфицирующем раствором, 7 – расходомер, 8 – акустическо-кавитационное сопло, 9 – баллон с манометром

Рис. 3 – Моечная установка

Установка работает на воде, которую подают под давлением [7]. Скоростная кавитационная струя дезинфицирующего состава с парогазовыми микроскопическими пузырьками очищает поверхность, разрушая обрастания и уничтожает вредные микроорганизмы. Выброс объектов обработки из рабочей зоны происходит вследствие направленного столкновения микропузырьков кавитирующей струи дезинфицирующего состава с образованием микровзрыва [5].

Этот метод дезинфекции зависит от площади обрабатываемой поверхности и от расстояния между соплом и поверхностью (рис. 4) [15].



1 – сопло моечной установки; H1, H2 – расстояния от края сопла до очищаемой поверхности; S1, S2 – площади распыла струи а.

Рис. 4 – Изменение площади очистки при удалении

Площадь очищаемой поверхности, равна:

$$S = \pi\left(H\,tg\frac{\alpha}{2}\right)^2 \qquad (1)$$

На основании теории подобия, можно записать соотношение между площадью обрабатываемых поверхностей и расстояния от сопла:

$$\frac{S_1}{S_2} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2 = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 \qquad (2)$$

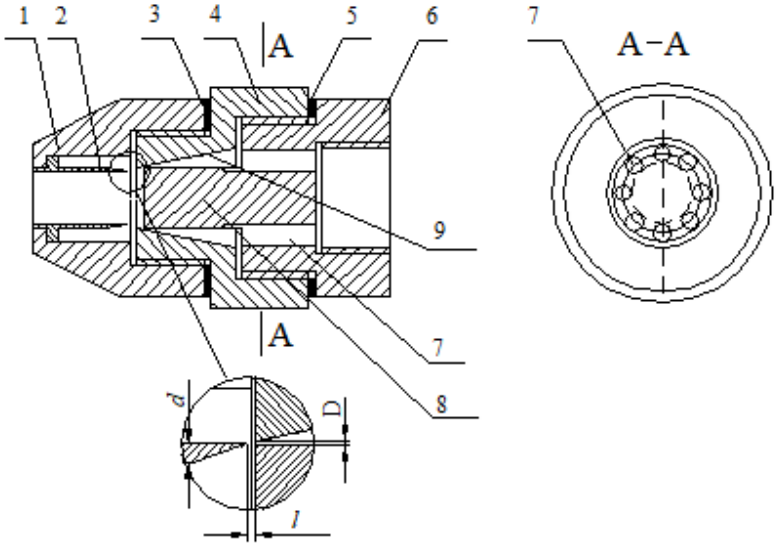
где S – очищаемая площадь, м²;

α – угол распыления;

H – расстояние между соплом и поверхностью, м;

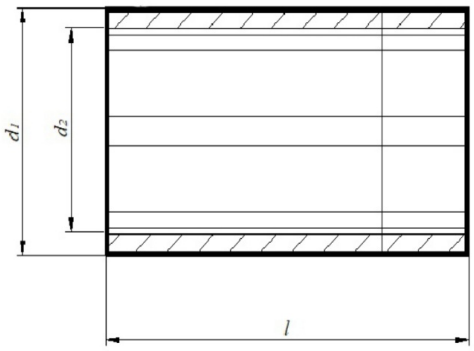
Согласно формуле 1, эффективность процесса очистки напрямую также зависит от угла распыления, который не должен превышать 60 ^{0}, так как чем он больше, тем меньше эффективность дезинфекции. Для увеличения производительности моечных машин, работающих по принципу акустическо-кавитационного метода, нужно повышать расстояние между соплом и поверхностью, что видно из формулы 2 [3].

Акустическо-кавитационное сопло (рис. 5) после выхода из канала попадает на лепестки резонаторной втулки (рис. 6) и вызывает колебания. Лепестки однотипны, поэтому колебания возникают с одинаковой частотой. При совпадении частоты возникает резонанс, что приводит к ультразвуковым колебаниям. Возникающие пузырьки пульсируют, волна, образованная насыщенной струей, очищает поверхность.



1 – передняя часть насадки; 2 – резонаторная втулка; 3 – регулировочная шайба удаления резонаторной втулки от кольцевого канала; 4 – средняя часть насадки; 5 – регулировочная шайба для изменения величины ольцевого канала; 6 – тыльная часть насадки; 7 – подводящие каналы; 8 – цилиндрический стержень; 9 – коническая поверхность

Рис. 5 – Акустико-кавитационное сопло



d_1 – наружный диаметр втулки; d_2 – внутренний диаметр втулки; l – высота лепестка втулки

Рис. 6 – Резонаторная втулка

В ходе апробации были выявлены эксплуатационные показатели установки акустико-кавитационной очистки поверхностей техники. Затраты на использование установки ниже чем у других, более ранних, разработок.

Сравнительный анализ электрозатратности и качества производимой очистки показали, что акустическо-кавитационный способ позволяет добиться более эффективной дезинфекции с наименьшими затратами [2].

Существует несколько вариантов реализации данного устройства для обработки, но большинство из них, в той или иной степени, не выполняют заявленных свойств на сто процентов. Предлагаемый научно-технический продукт повышает кумулятивный ударный эффект с помощью увеличения энергетического насыщения исходного количества воды и кавитационных полостей паро-

газовой смесью [13].

При этом разработка будет лучше защищена от нежелательного повреждения из-за эффекта кавитации, так как основной процесс происходит в момент распыления воды из сопла [20].

Моечная установка акустико-кавитационного действия для обеззараживания кузовов транспортных средств не имеет аналогов в массовом производстве в сельском хозяйстве. Действующие очистные станции не мобильны и существенно более затратны в использовании. Неоспоримым плюсом является возможность изменения химического состава дезинфицирующего вещества, в перспективе позволяющая использовать предложенную разработку не только для перевозки лошадей, но и любых других животных [6].

Заключение

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что данная разработка может рассматриваться как перспективное решение в своей отрасли. Множество предыдущих устройств не могли выполнять все заявленные качества на 100 %. Акустическо-кавитационный метод очистки малоразвит, поэтому актуальность подобной разработки велика. Обслуживание и эксплуатация установки проста, а значит – экономически выгодна. Данный метод не вредит окружающей среде и людям, работающим с ним.

Минимизация затрат рабочих и природных ресурсов – это одно из важнейших преимуществ установки. С научной точки зрения эффективность акустическо-кавитационного метода выше, чем у всех ранее разработанных моделей. Из этого следует, что процесс развития и внедрения этого устройства в сельскохозяйственную отрасль актуален и прогрессивен. В дальнейшем предполагается развитие разработки для внедрения ее не только в процесс дезинфекции транспортных средств после перевозки лошадей и других животных, но и в процессы различных обработок на производстве.

Список литературы

1. Сметанин, В. Н. Основы дезинфектологии : учебное пособие для вузов / В. Н. Сметанин, Т. Д. Здольник. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 251 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13484-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/476949

2. Борычев С. Н. Технологии и установка для очистки деталей сельскохозяйственных машин при постановке на хранение/ С.Н. Борычев, А.В. Шемякин, А.З Аксенов, В.П. Губанов, П.С. Синицын// Научный журнал КубГАУ. 2016. №124. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-i-ustanovka-dlya-ochistki-detaley-selskohozyaystvennyh-mashin-pri-postanovke-na-hranenie (дата обращения: 03.06.2021).

3. Кузнецов, В. А. Гидрогазодинамика: учебное пособие для вузов / В. А. Кузнецов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11813-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/476269

4. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии: учебное пособие для вузов / В. В. Троценко, В. К. Федоров, А. И. Забудский, В. В. Комендантов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 136 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09938-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/473061

5. Калекин, В. С. Гидравлика и теплотехника: учебное пособие для вузов / В. С. Калекин, С. Н. Михайлец. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 318 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11738-7. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/457000

6. Логистика: учебник для вузов / В. В. Щербаков [и др.]; под редакцией В. В. Щербакова. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 387 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00912-5. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/471343

7. Устройство для очистки сельскохозяйственных машин с использованием энергии вращающейся жидкостной струи. Шемякин А.В., Терентьев В.В., Морозова Н.М., Кожин С.А., Кирилин А.В. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. № 3 (31). С. 77-80. DOI: 10.35887/2305-2538-2019-5-49-60

8. Кирилин, А. В. Очистка сельскохозяйственных машин перед подготовкой к хранению / А. В. Кирилин. — Текст : непосредственный // Инновационные технологии в сельском хозяйстве : материалы III Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2017 г.). — Казань : Бук, 2017. — С. 44-48. — URL: https://moluch.ru/conf/agr/archive/249/12401/ (дата обращения: 03.06.2021).

9. Григорьев, М. Н. Логистика. Продвинутый курс. В 2 ч. Часть 1: учебник для вузов / М. Н. Григорьев, А. П. Долгов, С. А. Уваров. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 472 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02569-9. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/470320 (дата обращения: 12.05.2021).

10. Мурусидзе, Д. Н. Технологии производства продукции животноводства: учебное пособие для вузов / Д. Н. Мурусидзе, В. Н. Легеза, Р. Ф. Филонов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 417 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10647-3. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/475403

11. Акопян, В. Б. Ультразвук в медицине, ветеринарии и биологии : учебное пособие для вузов / В. Б. Акопян, Ю. А. Ершов, С. И. Щукин; под редакцией С. И. Щукина. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 224 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12870-3. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/470096

12. Fluid dynamics of acoustic and hydrodynamic cavitation in hydraulic power systems. A. Ferrari. *Published:15 March 2017 URL: https://doi.*

org/10.1098/rspa.2016.0345

13. Acoustic Cavitation: The Driving Force Behind Ultrasonic Processing. Jan 2, 2016 5:01:34 PM / by Alexey Peshkovsky, Ph.D. URL: https://blog.sonomechanics.com/blog/acoustic-cavitation-the-driving-force-behind-ultrasonic-processing

14. Comparison Between Hydrodynamic and Acoustic Cavitation in Microbial Cell Disruption,Mauro Capocellia, Marina Prisciandarob, Amedeo Lanciac, Dino Musmarraa. DOI: 10.3303/CET1438003

15. Experimental researches of agricultural machinery engines cleaning by icy and cavitation jet. Shemyakin A.V., Terentyev V.V., Morozova N.M., Kirilin A.V. Modern Science. 2016. № 10. С. 34-37. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-dvigateley-selskohozyaystvennyh-mashin-pered-remontom-eksperimentalnye-issledovaniya (дата обращения: 03.06.2021).

16. Fundamentals of acoustic cavitation: the effect of surfactants. Leong, T. S. H. (2012). Fundamentals of acoustic cavitation: the effect of surfactants. PhD thesis, Dept. of Chemical and Biomolecular Engineering, The University of Melbourne. URI http://hdl.handle.net/11343/37407 Linked Resource URL http://cat.lib.unimelb.edu.au/record=b4756317 2012 Thomas Seak Hou Leong

17. Зайцева, А. А. Коневодство: учебное пособие для вузов / А. А. Зайцева, А. Б. Муромцев. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 196 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13158-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/476754

18. Сметанин, В. Н. Основы дезинфектологии: учебное пособие для вузов / В. Н. Сметанин, Т. Д. Здольник. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 251 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13484-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/476949

19. Equine Behavioral Medicine Professor, Department of Small Animal Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine. Paperback ISBN: 9780128121061 eBook ISBN: 9780128122457 Imprint: Academic Press. Published Date: 4th January 2019. Page Count: 397. URL: https://www.elsevier.com/books/equine-behavioral-medicine/beaver/978-0-12-812106-1

20. Acoustic, Thermal Wave and Optical Characterization of Materials, Volume 11 1st Edition. Editors: G.M. Crean M. Locatelli J. McGilp/ eBook ISBN: 9780444596642 Imprint: North Holland. Published Date: 12th March 1990. Page Count: 412. URL: https://www.elsevier.com/books/acoustic-thermal-wave-and-optical-characterization-of-materials/crean/978-0-444-88552-4

THE DEVICE FOR DECONTAMINATING THE BODIES OF VEHICLES FOR TRANSPORTING HORSES BY ACOUSTIC-CAVITATION METHOD

Novikov Nikita M., 2nd year post-graduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, newweekoff@gmail.com

Kukushkina Tatyana R., 2nd year postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, tkuckusc4kina@yandex.ru

Shemyakin Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, shem.alex62@yandex.ru

Problem and goal. In Russia, agriculture accounts for 4.6% of gross domestic product and is a key aspect of the country's economy. Agricultural machinery is an integral part of any agricultural products and a means of increasing the economic profit of enterprises. Since the quality of the products directly depends on the cleanliness of the machines, this aspect cannot be ignored. The dirt accumulated during the operation of the equipment leads not only to low indicators of the quality assessment of the products produced, but also to the rapid wear of the equipment itself.

Methodolgy. Effective disinfection is achieved by physico-chemical and mechanical means of exposure to the surface of agricultural machinery. The first method of cleaning is not economically profitable, since the cost of using chemical reagents during surface treatment is too high. And it also has a big impact on people's health. For proper cleaning, it is necessary to increase the pressure of the supplied liquid on the surface, so the mechanical method is considered too energy-consuming. Now the method of cavitation action for cleaning equipment is being developed.

Results. Research in this area leads to an effective and high-quality technology that can further improve the quality of cleaning and reduce the material costs of processing. Now this direction is developing quite quickly, but not all developments perform their stated functions 100%.

Conclusion. In this article, we have analyzed the errors of previous studies and made a practical and profitable solution. Below you can get acquainted with the treatment methods, types of contamination and learn about the acoustic-cavitation method of disinfection, its practical application and design.

Key words: disinfection, disinfection, cavitation, horses, agricultural machinery, acoustic-cavitation method, sanitary treatment, pressure, disinfection means, agriculture, means of disinfection of vehicles, transportation of animals, methods of treatment of vehicles, treatment of sites after loading and unloading of animals.

Literatura

1.Smetanin, V. N. Osnovy dezinfektologii : uchebnoe posobie dlya vuzov / V. N. Smetanin, T. D. Zdol'nik. — 2-e izd., pererab. i dop. — Moskva : Izdatel'stvo YUrajt, 2021. — 251 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-13484-1. — Tekst: elektronnyj // EBS YUrajt [sajt]. — URL: httrs://urait.ru/bsode/476949

2.Borychev Sergej Nikolaevich, SHemyakin Aleksandr Vladimirovich, Aksenov Aleksej Zinov'evich, Gorbunov Vasilij Pavlovich, Sinicin Pavel Sergeevich Tekhnologii i ustanovka dlya ochistki detalej sel'skohozyajstvennyh mashin pri postanovke na hranenie // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2016. №124. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-i-ustanovka-dlya-ochistki-detaley-selskohozyaystvennyh-mashin-pri-postanovke-na-hranenie (data obrashcheniya: 03.06.2021).

3.Kuznecov, V. A. Gidrogazodinamika: uchebnoe posobie dlya vuzov / V. A. Kuznecov. — 2-e izd., ispr. i dop. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2021. — 120 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-11813-1. — Tekst: elektronnyj // EBS YUrajt [sajt]. — URL: httrs://urait.ru/bsode/476269

4.Sistemy upravleniya tekhnologicheskimi processami i informacionnye tekhnologii: uchebnoe posobie dlya vuzov / V. V. Trocenko, V. K. Fedorov, A. I. Zabudskij, V. V. Komendantov. — 2-e izd., ispr. i dop. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2021. — 136 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-09938-6. — Tekst: elektronnyj // EBS YUrajt [sajt]. — URL: httrs://urait.ru/bsode/473061

5.Kalekin, V. S. Gidravlika i teplotekhnika: uchebnoe posobie dlya vuzov / V. S. Kalekin, S. N. Mihajlec. — 2-e izd. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2020. — 318 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-11738-7. — Tekst: elektronnyj // EBS YUrajt [sajt]. — URL: httrs://urait.ru/bsode/457000

6.Logistika: uchebnik dlya vuzov / V. V. SHCHerbakov [i dr.]; pod redakciej V. V. SHCHerbakova. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2021. — 387 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-00912-5. — Tekst: elektronnyj // EBS YUrajt [sajt]. — URL: httrs://urait.ru/bsode/471343

7.Ustrojstvo dlya ochistki sel'skohozyajstvennyh mashin s ispol'zovaniem energii vrashchayushchejsya zhidkostnoj strui. SHemyakin A.V., Terent'ev V.V., Morozova N.M., Kozhin S.A., Kirilin A.V. Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2016. № 3 (31). S. 77-80. DOI: 10.35887/2305-2538-2019-5-49-60

8.Kirilin, A. V. Ochistka sel'skohozyajstvennyh mashin pered podgotovkoj k hraneniyu / A. V. Kirilin. — Tekst : neposredstvennyj // Innovacionnye tekhnologii v sel'skom hozyajstve : materialy III Mezhdunar. nauch. konf. (g. Kazan', maj 2017 g.). — Kazan' : Buk, 2017. — S. 44-48. — URL: https://moluch.ru/conf/agr/archive/249/12401/ (data obrashcheniya: 03.06.2021).

9.Grigor'ev, M. N. Logistika. Prodvinutyj kurs. V 2 ch. CHast' 1: uchebnik dlya vuzov / M. N. Grigor'ev, A. P. Dolgov, S. A. Uvarov. — 4-e izd., pererab. i dop. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2021. — 472 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-02569-9. — Tekst: elektronnyj // EBS YUrajt [sajt]. — URL: httrs://urait.ru/bsode/470320 (data obrashcheniya: 12.05.2021).

10.Murusidze, D. N. Tekhnologii proizvodstva produkcii zhivotnovodstva: uchebnoe posobie dlya vuzov / D. N. Murusidze, V. N. Legeza, R. F. Filonov. — 2-e izd., ispr. i dop. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2021. — 417 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-10647-3. — Tekst: elektronnyj // EBS YUrajt [sajt]. — URL: httrs://urait.ru/bsode/475403

11.Akopyan, V. B. Ul'trazvuk v medicine, veterinarii i biologii : uchebnoe posobie dlya vuzov / V. B. Akopyan, YU. A. Ershov, S. I. SHCHukin; pod redakciej S. I. SHCHukina. — 3-e izd., ispr. i dop. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2021. — 224 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-12870-3. — Tekst: elektronnyj // EBS YUrajt [sajt]. — URL: httrs://urait.ru/bsode/470096

12.Fluid dynamics of acoustic and hydrodynamic cavitation in hydraulic power systems. A. Ferrari. Published:15 March 2017 URL: https://doi.org/10.1098/rspa.2016.0345

13.Acoustic Cavitation: The Driving Force Behind Ultrasonic Processing. Jan 2, 2016 5:01:34 PM / by Alexey Peshkovsky, Ph.D. URL: https://blog.sonomechanics.com/blog/acoustic-cavitation-the-driving-force-behind-ultrasonic-processing

14.Comparison Between Hydrodynamic and Acoustic Cavitation in Microbial Cell Disruption,Mauro Capocellia, Marina Prisciandarob, Amedeo Lanciac, Dino Musmarraa. DOI: 10.3303/CET1438003

15.Experimental researches of agricultural machinery engines cleaning by icy and cavitation jet. Shemyakin A.V., Terentyev V.V., Morozova N.M., Kirilin A.V. Modern Science. 2016. № 10. S. 34-37. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-dvigateley-selskohozyaystvennyh-mashin-pered-remontom-eksperimentalnye-issledovaniya (data obrashcheniya: 03.06.2021).

16.Fundamentals of acoustic cavitation: the effect of surfactants. Leong, T. S. H. (2012). Fundamentals of acoustic cavitation: the effect of surfactants. PhD thesis, Dept. of Chemical and Biomolecular Engineering, The University of Melbourne. URI http://hdl.handle.net/11343/37407 Linked Resource URL http://cat.lib.unimelb.edu.au/record=b4756317 2012 Thomas Seak Hou Leong

17.Zajceva, A. A. Konevodstvo: uchebnoe posobie dlya vuzov / A. A. Zajceva, A. B. Muromcev. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2021. — 196 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-13158-1. — Tekst: elektronnyj // EBS YUrajt [sajt]. — URL: httrs://urait.ru/bsode/476754

18.Smetanin, V. N. Osnovy dezinfektologii: uchebnoe posobie dlya vuzov / V. N. Smetanin, T. D. Zdol'nik. — 2-e izd., pererab. i dop. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2021. — 251 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-13484-1. — Tekst: elektronnyj // EBS YUrajt [sajt]. — URL: httrs://urait.ru/bsode/476949

19.Equine Behavioral Medicine Professor, Department of Small Animal Clinical Sciences, College of

Veterinary Medicine. Paperback ISBN: 9780128121061 eBook ISBN: 9780128122457 Imprint: Academic Press. Published Date: 4th January 2019. Page Count: 397. URL: https://www.elsevier.com/books/equine-behavioral-medicine/beaver/978-0-12-812106-1

20.Acoustic, Thermal Wave and Optical Characterization of Materials, Volume 11 1st Edition. Editors: G.M. Crean M. Locatelli J. McGilp/ eBook ISBN: 9780444596642 Imprint: North Holland. Published Date: 12th March 1990. Page Count: 412. URL: https://www.elsevier.com/books/acoustic-thermal-wave-and-optical-characterization-of-materials/crean/978-0-444-88552-4

УДК 665.753.4 **DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.015**

БЕЗМОТОРНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТОПЛИВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

ПЛОТНИКОВ Сергей Александрович, *д-р. техн. наук, профессор кафедры технологии машиностроения, PlotnikovSA@bk.ru*

ГНЕВАШЕВ Павел Вячеславович, *аспирант кафедры технологии машиностроения, gnevashevpv@inbox.ru*

Вятский государственный университет

ШИШКИН Геннадий Петрович, *канд. пед. наук, доцент кафедры физики, shgp45@mail.ru*

РЕЗНИК Евгений Наумович, *канд. биол. наук, доцент кафедры физики, reznick@yandex.ru*

Кировский государственный медицинский университет

Проблема и цель. *В ходе проведенного обзора литературы было установлено, что между основными эксплуатационными свойствами моторного топлива и его физико-химическими показателями существуют корреляционные зависимости. Логично предположить, что подобные зависимости могут быть применимы и к альтернативному топливу. Цель исследований – определение физико-химических показателей смесевого топлива, влияющих на эксплуатационные характеристики дизельного двигателя.*

Объекты и методы. *Объект исследований – смеси товарного дизельного топлива с рапсовым маслом холодного отжима. Исследовались физико-химические показатели смесевого топлива с различным содержанием рапсового масла. Массовая доля рапсового масла в искомой смеси варьировалось от 0 до 50 %. Для измерения показателей использовалось специализированное лабораторное оборудование – пикнометр ПЖ-2-25, лабораторные весы VIBRAAJH-620CE и рефрактометр ИРФ-454б. Ход экспериментов. Значения плотности и показателя преломления фиксировались для каждой подготовленной смеси. Данные эксперимента и последующих расчетов наносились на графики. По данным плотности и показателя преломления был построен график удельной рефракции Лорентца-Лоренца.*

Результаты и выводы. *В результате анализа полученных данных лабораторных опытов было установлено, что некоторые выходные показатели работы ДВС на альтернативных топливах могут существенно зависеть от физических показателей, измеренных в ходе эксперимента, что позволяет найти корреляционные зависимости между ними. В качестве экспресс-метода оценки эксплуатационных свойств двигателя предложено использовать удельную рефракцию, так как она проста в определении, не зависит от внешних условий и позволяет использовать её на месте эксплуатации.*

Ключевые слова: *дизель, смесевое топливо, альтернативное топливо, рапсовое масло, показатель преломления, экспресс-методы, удельная рефракция.*

Введение

Альтернативное моторное топливо – это смесь различных углеводородов и их соединений. При разработке методов определения эксплуатационных свойств топлив основной проблемой является их многокомпонентность, так как каждый компонент вносит свой вклад в эксплуатационные характеристики. Наиболее важными эксплуатационными характеристиками являются: цетановое число (ЦЧ), содержание серы, низшая теплота сгорания и некоторые другие.

В настоящее время для определения эксплуатационных свойств дизельных двигателей используют моторные установки, где при сжигании топлива измеряются выходные параметры. В этом направлении проведено много исследований, где в качестве топлива использовались смеси товарного дизельного топлива (ДТ) со спиртами, растительными маслами и др. [1-8]. Недостатком метода прямых измерений является то, что он трудоёмок,

© Плотников С. А., Гневашев П. В., Шишкин Г. П., Резник Е. Н., 2021г.

требует сложного лабораторного оборудования, а также не имеет возможности оценить эксплуатационные свойства дизельного топлива по месту эксплуатации.

Часть исследователей идёт по другому пути и использует безмоторные экспресс-методы (БЭМ) оценки эксплуатационных характеристик топлив, в которых рассматриваются корреляционные зависимости между эксплуатационным свойствами двигателя и физико-химическими показателями топлива [9-18]. К таким показателям относятся диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, бензольный индекс и некоторые другие. Преимущества таких методов перед моторными заключаются в том, что они могут спрогнозировать эксплуатационные характеристики работы ДВС без сжигания топлива.

Обзор литературы

Развитие науки и техники неразрывно связано с использованием симптоматики. Порой определить показатели протекания процессов бывает затруднительно в связи с их трудоёмкостью, поэтому некоторые параметры определяются опосредованно по другим свойствам. Эмпирическим путём устанавливаются зависимости нужных параметров от тех других, которые можно измерить простыми способами. Часто такие методы используются при диагностике неисправностей в машинах и агрегатах. Например, при прослушивании различных точек двигателя стетоскопом по характеру звука можно определить износ подшипников, поршня или цилиндра. Стетоскоп усиливает звуковые сигналы, а в качестве уловителя данных сигналов выступает ухо человека. Зная характер звука исправного двигателя, человек сравнивает его с текущим. При отклонении звучания от нормального человек может определить наличие неисправности. Звонкий звук характерен для быстрых ударов металлических деталей, не покрытых маслом, а глухой – для ударов деталей из мягких материалов или деталей, покрытых масляной плёнкой.

Известна связь ударных сигналов работающего двигателя с техническим состоянием его частей. Зазор между юбкой и поршнем двигателя можно определить по амплитудно-фазовым параметрам удара относительно верхней мёртвой точки поршня. Увеличение амплитуды удара и смещение фазы удара по углу поворота коленчатого вала относительно верхней мёртвой точки говорит о том, что зазор между юбкой и поршнем увеличен. Измерение таких вибраций производят с помощью вибрационных акселерометров и усилительно-преобразующей аппаратуры. Полученные данные сравниваются с номинальными и предельными значениями. Номинальные и предельные значения параметров вибрации определяются эмпирически на заранее известных исходных условиях.

Большой спектр эксплуатационных параметров двигателя можно определить по содержанию углеводородов, оксидов углерода, двуоксидов углерода, кислорода в выхлопных газах с помощью газоанализаторов.

Качество смеси в цилиндре можно определить по цвету пламени с помощью специальных индикаторов, обеспечивающих наблюдение за процессом горения топливной смеси. Цвет и характер горения оцениваются человеком “на глаз”, исходя из личного опыта, и делается заключение о составе смеси.

В работах Скворцова Б.В., Силова Е.А., Солнцева А.В. [9] была исследована диэлектрическая проницаемость стандартных бензинов и стандартных дизельных топлив. Было выявлено, что диэлектрическая проницаемость связана с октановым числом бензинов, и показано, что при её увеличении ОЧ бензина увеличивается. Для дизельных же топлив была установлена связь диэлектрической проницаемости с цетановым числом (ЦЧ). ЦЧ дизельного топлива увеличивается при уменьшении диэлектрической проницаемости.

В работе зарубежных авторов [10] было показано, что ЦЧ зависит от анилиновой точки. Для установления корреляционной зависимости были использованы данные по 257 образцам дизельного топлива. Установлено, что анилиновая точка имеет удовлетворительные статистические характеристики. Метод анилиновой точки также известен как метод определения содержания ароматических углеводородов в нефтепродуктах ГОСТ 12329-77.

В работе [11] было показано, что с помощью рефракто-денсиметрического метода можно оценить ОЧ бензинов.

Методы опосредованного определения тех или иных эксплуатационных свойств можно попытаться применить и к альтернативному моторному топливу.

Объекты и методы

Для исследования были подготовлены смеси дизельного топлива с рапсовым маслом (рис.1). Массовая доля рапсового масла в смеси варьировалось от 0 % до 50 %.

Для каждого образца измерялась плотность d и показатель преломления n_D^{20} Измерения проводились при температуре окружающей среды 20 ˚С. Плотность определялась с помощью пикнометра ПЖ-2-25 и лабораторных весов VIBRAAJH-620CE (рис. 2,а) по ГОСТ 3900-85 “Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности”. Расчет производился по формуле:

$$d = \frac{m_{пс} - m_{пп}}{m_{пd} - m_{пп}} \cdot 0{,}99703, \quad (1)$$

где $m_{пс}$ – масса пикнометра со смесью;

$m_{пп}$ – масса пустого пикнометра;

$m_{пd}$ – масса пикнометра с дистиллированной водой;

0,99703 – значение относительной плотности воды при 20 °С с учетом плотности воздуха.

Показатель преломления образцов измерялся с помощью рефрактометра ИРФ-454б (рис. 2,б). Так как показатель преломления и плотность зависят от температуры и давления, при которых проводится измерение, то для экспресс-методов оценки эксплуатационных свойств предпочтительно использовать не сами эти величины, а их функ-

цию – удельную рефракцию Лорентца-Лоренца sR:

$$sR = \frac{(n^2-1)}{(n^2+2)} \cdot \frac{1}{d} \quad (2)$$

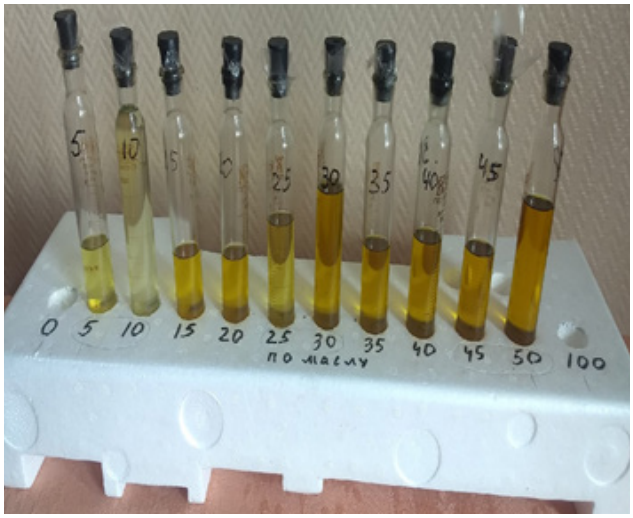


Рис 1. – Образцы смесей дизельного топлива с рапсовым маслом

Известно, что удельная рефракция практически не зависит от внешних условий: температуры окружающей среды и давления.

а)

Рис-2

б)

а) – весы лабораторные VIBRAAJH-620CE;
б) – рефрактометр ИРФ – 454б
Рис 2 – Используемое оборудование

Результаты и выводы

В результате измерений были получены следующие графики: зависимость плотности смеси от процентного содержания рапсового масла (рис.3), зависимость показателя преломления n_D^{20} смеси от процентного содержания рапсового масла (рис. 4). Учитывая, что плотность рапсового масла несколько выше плотности дизельного топлива, с увеличением его присутствия суммарная плотность растёт. При содержании 5 % рапсового масла суммарная плотность смеси равна 0,828 кг/м³, а при увеличении доли рапсового масла до 50 % суммарная плотность возрастает до 0,868кг/м³.

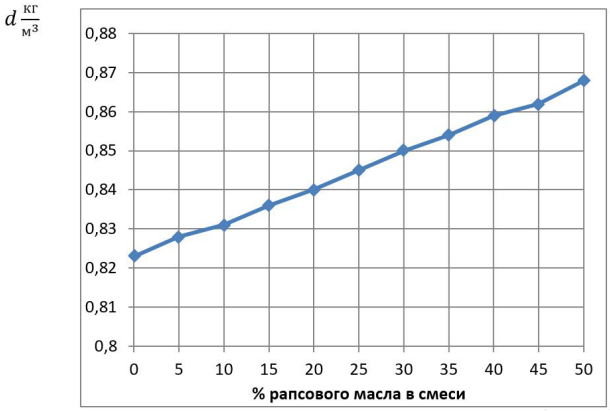


Рис. 3 – Плотность смеси в зависимости от содержания рапсового масла

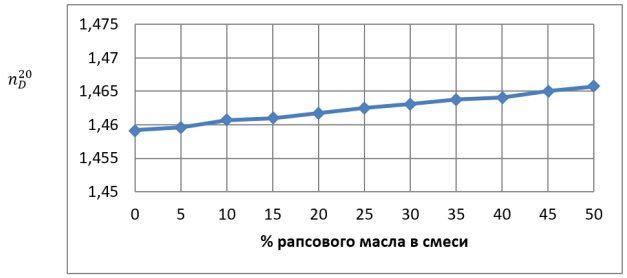


Рис. 4 – Показатель преломления n_D^{20} смеси в зависимости от содержания рапсового масла.

По данным плотности и показателя преломления с использованием формулы (1) был построен график удельной рефракции Лорентца-Лоренца (рис. 5). Можно видеть, что зависимость этой величины от плотности линейная. Аддитивность удельной рефракции позволяет предположить, что между компонентами смеси не возникает химического взаимодействия.

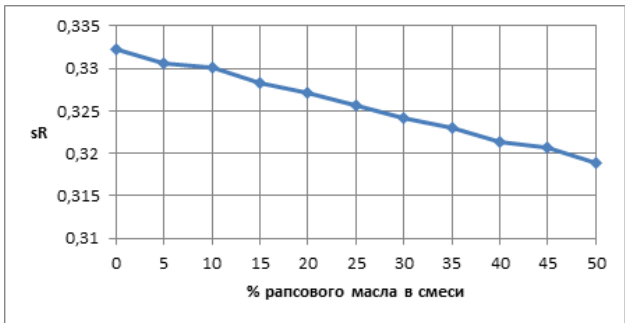


Рис. 5 – Удельная рефракции смеси в зависимости от содержания рапсового масла

Наличие линейной зависимости удельной рефракции от содержания рапсового масла, позволяет разработать экспресс-метод определения состава произвольно взятой смеси. Для построения графика точки, соответствующие значениям рефракции для чистых дизельного топлива и рапсового масла, соединяют прямой линией. Измеряют плотность и показатель преломления смеси неизвестного состава, рассчитывают удельную рефракцию и по графику определяют состав смеси. Если зависимость эксплуатационных свойств двигателя от содержания рапсового масла предварительно известна, можно сделать оценку эффективности использования данной смеси.

Результаты и выводы

1. Некоторые выходные показатели работы ДВС на альтернативных топливах могут существенно зависеть от измеренных в ходе эксперимента, что позволяет найти корреляционные зависимости между ними.

2. В качестве экспресс-метода оценки эксплуатационных свойств двигателя можно использовать удельную рефракцию, так как она проста в определении, не зависит от внешних условий и позволяет использовать её на месте эксплуатации.

Список литературы

1.Плотников, С.А. Создание и исследование свойств многокомпонентных биотоплив для тракторных дизелей / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич М.Н.Глушков, А.И. Шипин //Тракторы и сельхозмашины, 2020. - № 6. - С. 6−12. URL: https://old.mospolytech.ru/storage/files/tism/Traktory_i_selhozmashiny_No6_2020_dlya_sajta.pdf

2. Плотников, С.А. Оценка регулировочных показателей двигателя сельскохозяйственных транспортных средств при применении многокомпонентных биотоплив/. С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, М.В. Смольников, А.И. Шипин //Вестник РГАТУ, 2021. - № 1. – С. 149-155. URL: http://vestnik.rgatu.ru/archive/2021_1.pdf

3. S.A. Plotnikov, A.N. Kartashevich, M.V. Simonov, M.N. Glushkov. Determining of optimum operation modes of a diesel engine with a multicomponent bio-fuel composition. //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1086 (2021). – № 012014. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1086/1/012014/pdf

4. S.A. Plotnikov, A.N. Kartashevich, P.Ya. Kantor, M.N. Vtyurina. Development and study of ways to extend the multifuel capability of ICE. //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1086 (2021). – № 012016. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1086/1/012016/pdf

5. Evaluation of the Thermal NO formation mechanism under low-temperature diesel combustion conditions / J.M. Desantes, J.J. Lorʻpez, P. Redrʻon, J. Arrerʻgle. // International Journal of Engine Research. – 2012. – 13(6). – P. 531–539. DOI: 10.1177/1468087411429638

6. Formation of Engine Internal NO: Measures to Control the NO2/NOX Ratio for Enhanced Exhaust After Treatment / M. Rößler, A. Velji, C. Janzer [et al.]. // SAE Int. J. Engines. – 2017. – № 10(4). – P. 1–14. DOI 10.4271/2017-01-1017

7. Tucki K., Mruk R., Orynycz O., Gola A. The Effects of Pressure and Temperature on the Process of Auto-Ignition and Combustion of Rape Oiland Its Mixtures. //Sustainability. 2019; № 11(12), 3451. https://doi.org/10.3390/su11123451

8. Yang J., Golovitchev V.I., Lurbe P.R., Sarʻnchez J.JL. Chemical Kinetic Study of Nitrogen Oxides Formation Trends in Biodiesel Combustion. // International Journal of Chemical Engineering. 2012:1–22. Available from:DOI: 10.1155/2012/898742

9. Определение взаимосвязи показателей детонационной стойкости с электродинамическими параметрами углеводородных топлив на основе статистического моделирования компонентного состава / Б.В. Скворцов, Е.А. Силов, А.В. Солнцева // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. Академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета), 2010, №1, с. 166 – 173. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16532927

10.Equations for predicting the cetane number of diesel fuels from their physical properties / Ladommatos N., Goacher J. // Fuel, 1995, vol. 74, No. 7, pp. 1083-1093.URL:https://elibrary.ru/item.

asp?id=661967

11.Рефракто-денсиметрический метод контроля автомобильных бензинов на соответствие нормативам евро-4 и -5 по суммарному содержанию ароматических углеводородов и содержанию кислорода / И.И. Табрисов, Р.Б. Султанова, В.Ф. Николаев // Вестник Казанского технологического университета, 2012, №9, с 228-232. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17751995

12.Линейное магнитное двулучепреломление в контроле антидетонационных характеристик бензинов / В.Ф. Николаев, И.Р. Кутушев, А. К. Хамедзянов // Вестник Казанского технологического университета, 2003, №2, с 294-301. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9270099

13.Рефракто-магнитооптический метод оценки эксплуатационных и теплотехнических характеристик реактивных и дизельных топлив / В.Ф. Николаев, И.Р. Кутушев, А. К. Хамедзянов // Вестник Казанского технологического университета, 2003, №2, с 302-314. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9270100

14.Описание физико-химических свойств трехкомпонентных моделей товарных бензинов / В.Ф. Николаев, И.И.Табрисов, Р.Б. Султанова // Вестник Казанского технологического университета.–2010, –№10– с 342-349. URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15517212

15.Методы определения состава и модели описания физико-химических и эксплуатационных свойств многокомпонентных смесей / В.Ф. Николаев, Р.Б. Султанова, А.И. Пеньковский, В.И. Гаврилов //Учебное пособие, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 175 с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29978735

16.Мониторинг качества автомобильных бензинов по данным магнитного двулучепреломления и диэлькометрии / И.И. Табрисов, В.Ф. Николаев, Р.Б. Султанова // Вестник Казанского технологического университета.– 2012.– №9.– с 224-225 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17751993

17.Neural network prediction of cetane number and density of diesel fuel from its chemical composition determined by lc and gc-ms / Yang H., Ring Z., Briker Y., Mclean N., Friesen W., Fairbridge C. // Fuel, 2002, vol. 81, No. 1, pp. 65-74. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=831119

18.Determination of octane numbers of gasoline compounds from their chemical structure by 13c nmr spectroscopy and neural networks / Meusinger R., Moros R. // Fuel, 2001, vol. 80, No 5, pp. 613-621. Url: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=553327

ENGINELESS METHODS OF THE ESTIMATION OF OPERATIONAL PROPERTIES FUELSFOR AGRICULTURAL MACHINERY

Plotnikov Sergey A., *Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology, Vyatka State University, PlotnikovSA@bk.ru*

Gnevashev Pavel V., *Post-graduate Student of the Department of Mechanical Engineering Technology, Vyatka State University, gnevashevpv@inbox.ru*

Shishkin Gennadiy P., *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics, Kirov State Medical University, shgp45@mail.ru*

Reznik Evgeniy N., *PhD. Biol. Sci., Associate Professor of the Department of Physics, Kirov State Medical University, reznick@yandex.ru*

Problem and purpose. *In the course of the literature review, it was found that there are correlations between the main operational properties of motor fuel and its physicochemical indicators. It is logical to assume that similar dependences can be applied to alternative fuels. The purpose of the research is to determine the physicochemical parameters of the mixed fuel that affect the performance of a diesel engine.*

Objects and Methods. *The object of research is a mixture of commercial diesel fuel with cold-pressed rapeseed oil. The physicochemical parameters of mixed fuel with different rapeseed oil content were studied. The mass fraction of rapeseed oil in the desired mixture varied from 0% to 50%. To measure the indicators, specialized laboratory equipment was used - a PZh-2-25 pycnometer, a VIBRAAJH-620CE laboratory balance and an IRF-454b refractometer.*

The course of experiments. *The values of density and refractive index were recorded for each prepared mixture. The experimental data and subsequent calculations were plotted on graphs. Based on the density and refractive index data, a graph of the Lorentz-Lorentz specific refraction was plotted.*

Results and conclusions. As a result of the analysis of the obtained data of laboratory experiments, it was found that some output indicators of the ICE operation on alternative fuels can significantly depend on the physical indicators measured during the experiment, which makes it possible to find correlations between them. As an express method for assessing the operational properties of the engine, it is proposed to use the specific refraction, since it is easy to determine, does not depend on external conditions and allows it to be used at the site of operation.

Key words: *diesel, mixed fuel, alternative fuel, rape seed oil, refractive index, express methods, specific refraction.*

Literatura

1. Plotnikov S.A., Kartashevich A.N., Glushkov M.N., SHipin A.I. Sozdanie i issledovanie svojstv mnogokomponentnyh biotopliv dlya traktornyh dizelej. //Traktory i sel'hozmashiny, 2020. - № 6. - S. 6−12. URL: https://old.mospolytech.ru/storage/files/tism/Traktory_i_selhozmashiny_No6_2020_dlya_sajta.pdf

2. Plotnikov S.A., Kartashevich A.N., Smol'nikov M.V., SHipin A.I. Ocenka regulirovochnyh pokazatelej dvigatelya sel'skohozyajstvennyh transportnyh sredstv pri primenenii mnogokomponentnyh biotopliv. //Vestnik RGATU, 2021. - № 1. – S. 149-155.URL: http://vestnik.rgatu.ru/archive/2021_1.pdf

3. S.A. Plotnikov, A.N. Kartashevich, M.V. Simonov, M.N. Glushkov. Determining of optimum operation modes of a diesel engine with a multicomponent bio-fuel composition. //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1086 (2021). – № 012014. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1086/1/012014/pdf

4. S.A. Plotnikov, A.N. Kartashevich, P.Ya. Kantor, M.N. Vtyurina. Development and study of ways to extend the multifuel capability of ICE. //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1086 (2021). – № 012016. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1086/1/012016/pdf

5. Evaluation of the Thermal NO formation mechanism under low-temperature diesel combustion conditions / J.M. Desantes, J.J. Lorpez, P. Redron, J. Arrergle. // International Journal of Engine Research. – 2012. – 13(6). – P. 531–539. DOI: 10.1177/1468087411429638

6. Formation of Engine Internal NO: Measures to Control the NO2/NOX Ratio for Enhanced Exhaust After Treatment / M. Rößler, A. Velji, C. Janzer [et al.]. // SAE Int. J. Engines. – 2017. – № 10(4). – P. 1–14. DOI 10.4271/2017-01-1017

7. Tucki K., Mruk R., Orynycz O., Gola A. The Effects of Pressure and Temperature on the Process of Auto-Ignition and Combustion of Rape Oiland Its Mixtures. //Sustainability. 2019; № 11(12), 3451. https://doi.org/10.3390/su11123451

8. Yang J., Golovitchev V.I., Lurbe P.R., Sarnchez J.JL. Chemical Kinetic Study of Nitrogen Oxides Formation Trends in Biodiesel Combustion. //International Journal of Chemical Engineering. 2012:1–22. Available from: DOI: 10.1155/2012/898742

9. Opredelenie vzaimosvyazi pokazatelej detonacionnoj stojkosti s elektrodinamicheskimi parametrami uglevodorodnyh topliv na osnove statisticheskogo modelirovaniya komponentnogo sostava / B.V. Skvorcov, E.A. Silov, A.V. Solnceva // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. Akademika S.P. Korolyova (nacional'nogo issledovatel'skogo universiteta), 2010, №1, s. 166 – 173. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16532927

10. Equations for predicting the cetane number of diesel fuels from their physical properties / Ladommatos N., Goacher J. // Fuel, 1995, vol. 74, No. 7, pp. 1083-1093.URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=661967

11. Refrakto-densimetricheskij metod kontrolya avtomobil'nyh benzinov na sootvetstvie normativam evro-4 i -5 po summarnomu soderzhaniyu aromaticheskih uglevodorodov i soderzhaniyu kisloroda / I.I. Tabrisov, R.B. Sultanova, V.F. Nikolaev // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2012, №9, s 228-232 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17751995

12. Linejnoe magnitnoe dvulucheprelomlenie v kontrole antidetonacionnyh harakteristik benzinov / V.F. Nikolaev, I.R. Kutushev, A. K. Hamedzyanov // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2003, № 2, s 294-301.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9270099

13. Refrakto-magnitoopticheskij metod ocenki ekspluatacionnyh i teplotekhnicheskih harakteristik reaktivnyh i dizel'nyh topliv / V.F. Nikolaev, I.R. Kutushev, A. K. Hamedzyanov // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2003, №2, s 302-314. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9270100

14. Opisanie fiziko-himicheskih svojstv trekhkomponentnyh modelej tovarnyh benzinov / V.F. Nikolaev, I.I. Tabrisov, R.B. Sultanova // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2010, №10, s 342-349. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15517212

15. Metody opredeleniya sostava i modeli opisaniya fiziko-himicheskih i ekspluatacionnyh svojstv mnogokomponentnyh smesej / V.F. Nikolaev, R.B. Sultanova, A.I. Pen'kovskij, V.I. Gavrilov // Uchebnoe posobie, Kazanskij nacional'nyj issledovatel'skij tekhnologicheskij universitet, 175 s. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29978735

16. Monitoring kachestva avtomobil'nyh benzinov po dannym magnitnogo dvulucheprelomleniya i diel'kometrii / I.I. Tabrisov, V.F. Nikolaev, R.B. Sultanova // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2012, № 9, s 224-225. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17751993

17. Neural network prediction of cetane number and density of diesel fuel from its chemical composition determined by lc and gc-ms / Yang H., Ring Z., Briker Y., Mclean N., Friesen W., Fairbridge C. // Fuel, 2002, vol. 81, No. 1, pp. 65-74. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=831119

18. Determination of octane numbers of gasoline compounds from their chemical structure by 13c nmr spectroscopy and neural networks / Meusinger R., Moros R. // Fuel, 2001, vol. 80, No 5, pp. 613-621. Url: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=553327

УДК 637.1.02:658.581

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.016

РЕЦЕПТУРЫ МОЮЩИХ СРЕДСТВ ДЛЯ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ МОЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

РОДИОНОВ Юрий Викторович, *д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Механика и инженерная графика», Тамбовский государственный технический университет, rodionow.u.w@rambler.ru*

НИКИТИН Дмитрий Вячеславович, *канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», Тамбовский государственный технический университет, dmitryndv@gmail.com*

АНОХИН Сергей Александрович, *ст. препод. кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», Тамбовский государственный технический университет, fwut@mail.ru*

ГУСЬКОВ Артем Анатольевич, *канд. техн. наук, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», Тамбовский государственный технический университет, tyota-1@mail.ru*

Проблема и цель. *Целью исследований являлось сравнение эффективности различных рецептур моющих средств для дезинфекции бактерий группы кишечных палочек (БГКП), стафилококков и Pseudomonas aeruginosa с поверхности нержавеющая сталь марки AISI 316.*

Методология*. Для достижения цели в качестве образцов моющих средств заданных рецептур при равных композициях использовались: озонированная питьевая вода, барботированная в течение 5 мин.; 1 %-й водный раствор азотистой кислоты, 1 %-й водный раствор ортофосфорной кислоты, 1 %-й водный раствор щелочи; механическая смесь кальцинированной соды 20-25 % и горчичного порошка 75-80 ; 2,2 %-й и 5,2 %-й водные экстракты горчичного порошка. Экстрагирование горчичного порошка осуществляли в гидромодулях 1:25 и 1:50 при вакууме 0,6 кПа и температуре 56 °С в течение 40 мин. Для заражения образцов пластин из нержавеющей стали бактериями осуществляли предварительное выращивание микрофлоры на питательной среде (МПА – мясопептонный агар) с последующим её добавлением в молоко с содержанием жира 3,4-4,5 % в соответствии с ТУ 9222-242-00419785-04. Исследуемые образцы пластин подвергались 15-минутной дезинфекции моющим раствором методом распыления ультрамалого объема. Эффективность дезинфекции оценивалась пробами ватно-марлевого смыва стерильного стержня, помещенного в пробирку с питательной средой с последующим анализом по методу МУК 4.2.2942-11.*

Результаты. *Анализ результатов дезинфекции показал, что механическая смесь кальцинированной соды 20-25 % и горчичного порошка 75-80 %; 2,2 %-й и 5,2 %-й водные экстракты горчичного порошка и озонированная питьевая вода обладают одинаковой дезинфекционной эффективностью по сравнению с образцами химических моющих средств, применяемых в молочной промышленности.*

Заключение. *Предложенные образцы моющих средств заданных рецептур природного происхождения позволят отказаться от химических компонентов в моющих и дезинфицирующих растворах, что повысит экологическую безопасность отработанных растворов и снизить стоимость их дальнейшей утилизации.*

Ключевые слова: *молоко, мойка, дезинфекция, озон, горчичный порошок, экологическая безопасность.*

Введение

Рост химической нагрузки в различных областях производства оказывает существенное влияние на экологию регионов, в том числе задействованных преимущественно в сельском хозяйстве. Такое положение особенно проявляется в растениеводстве при обработке растений, а также в животноводстве при мойке и дезинфекции. Традиционная мойка и дезинфекция молочного оборудования предполагает повсеместное использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) на всем протяжении данных процессов [1, 2]. Зачастую сами химические реагенты становятся загрязнениями на поверхностях оборудования. Одной из задач современных моечных систем является снижение используемого объема химических реагентов и расхода воды, повышение эффективности утилизации отходов на завершающем этапе мойки и дезинфекции – повышение экологической безопасности процессов [3].

Теоретические основы мойки и дезинфекции

Молочное оборудование, используемое в фермерских хозяйствах в процессах сбора, хранения и транспортирования молока, характеризуется загрязнениями, возникающими в процессе его эксплуатации, а также при длительном простое [5, 6]. Основные виды загрязнений на поверхности оборудования: механические, химические и бактериологические. Данные загрязнения могут быть удалены гидромеханическим или химико-физическим способами. Недостатком первого способа является повышенный расход воды. Второй способ также обладает недостатком в применении химических реагентов, имеющих вредное воздействие на живые организмы, в том числе на человека. И в одном и в другом случаях существенно снижается экологическая безопасность процессов.

Применение ПАВ основано на теории моющего действия П.А. Рибендера, которая предполагает

© Родионов Ю. В., Никитин Д. В., Анохин С. А., Гуськов А. А., 2021 г.

наличие асиметричных молекул в моющем средстве, одна сторона которых гидрофобна и притягивается к загрязнению, другая – гидрофильна и притягивается к молекулам воды [7]. При достаточных показателях смачиваемости и поверхностного натяжения происходит отделение загрязнения от поверхности без его расщепления на молекулы.

Распространенные способы дезинфекции также предполагают применение химических веществ. Общий принцип их действия заключается в поражении клетки организма (бактерии) внутри него (например, хлорные растворы) или разрушение его внешней оболочки (например, йодные растворы) [8].

Методы исследования

Целью эксперимента является сравнение эффективности рецептур моющих средств для дезинфекции бактерий группы кишечных палочек (БГКП), стафилококков и Pseudomonas aeruginosa с поверхности нержавеющая сталь марки AISI 316.

Объектом исследования выступали образцы моющих средств заданных рецептур при равных композициях.

Сравнивались 7 образцов моющих средств следующих рецептур:

– озонированная питьевая вода, барботированная в течение 5 мин.;

– 1 %-й водный раствор азотистой кислоты;

– 1 %-й водный раствор ортофосфорной кислоты;

– 1 %-й водный раствор щелочи;

– рецепт моющего средства (Пат. 2127753 РФ Моющее средство. Автор Г.Г. Русакова) [9];

– водный экстракт горчичного порошка с содержанием сухого вещества 2,2 %;

– водный экстракт горчичного порошка с содержанием сухого вещества 5,2 %.

Для уточнения результатов по установлению эффективного метода дезинфекции был проведен опыт по определению эффективности дезинфекции внутренних поверхностей емкостей в озонированной воздушной среде. Сравнение производилось с контрольным образцом, который не подвергался какой-либо обработке дезинфектантами

Постановка эксперимента

Ход эксперимента заключался в заражении металлических пластин со стороной 50 мм указанными бактериями с последующей их обработкой дезинфицирующим моющим средством. Для заражения пластин бактериями осуществлялось предварительное выращивание микрофлоры на питательной среде (МПА – мясопептонный агар) с последующим ее добавлением в молоко с содержанием жира 3,4-4,5 % в соответствии с ТУ 9222-242-00419785-04 (рис. 1). Материал пластины – нержавеющая сталь марки AISI 316.

Данным молоком производилась обработка пластины, после которой удалялись излишки молока самотеком в течение 15 мин. Затем пластина помещалась в бидон с моющим раствором заданной рецептуры. Пластина подвергалась 15-минутной дезинфекции моющим раствором методом распыления ультрамалого объема. Распыление производилось ультразвуковым способом без нагрева. Температура раствора равнялась температуре окружающей среды, 23 °С.

После дезинфекции с пластины брался смыв ватно-марлевой стороной стерильного стержня, который помещался в пробирку с питательной средой. Пробирки были стерилизованы в Испытательном лабораторном центре ФБУ здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Тамбовской области» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Лаборатория ЦГиЭ) (рис. 2). По окончании эксперимента все образцы смывов были доставлены в Лабораторию ЦГиЭ г. Тамбова для последующего анализа по методу МУК 4.2.2942-11.

Рис. 1 – Загрязняющая среда

Рис. 2 – Лабораторное оборудование для смывов

Озонированная вода готовилась непосредственно перед ее использованием путем барботирования питьевой воды (по СанПиН 2.1.4.1074-01) озоном. Это обусловлено потерей дезинфицирующих свойств с течением времени по причине разложения озона в воде и нормализации кислотности. Барботирование осуществлялось в течение 5 мин.

Водные растворы кислот, щелочи изготавливались смешиванием моющих средств с водой в рекомендуемых изготовителями пропорциях и по патенту 2127753 РФ Моющее средство (10 %-й водный раствор) (рис. 3). Представленные моющие средства на основе кислот и щелочи предназначены для промывки и дезинфекции доильного оборудования и холодильного молочного оборудо-

вания из пищевой нержавеющей стали ручным и циркуляционным способами. Кислотность 1 %-го раствора кислотных моющих средств составляет 1,5-2,5 pH, 1 %-го раствора щелочного моющего средства – 12-13 pH, также в нем содержится до 5 % активного хлора.

Рис. 3 – Моющий дезинфицирующий раствор на основе горчичного порошка

Рецептура моющего средства по патенту 2127753 РФ: механическая смесь кальцинированной соды 20-25 % и горчичного порошка 75-80 % (рис. 4). Компоненты моющего средства: кальцинированная сода согласно ГОСТ 5100-85 и горчичный порошок ТУ 10.84.12-023-44418433-2019. Диаметр частиц горчичного порошка при просеивании через набор сит показал значения в пределах 1,6-2,0 мм.

Рис. 4 – Моющее средство по патенту 2127753 РФ

Водные экстракты горчицы приготовлялись путем вакуумного экстрагирования на установке (патент 2738938 РФ Универсальная вакуумная экстрактно-выпарная установка) [10]. Экстрагирование горчичного порошка осуществлялось в гидромодулях 1:25; 1:50 при вакууме 0,6 кПа и температуре 56 °С в течение 40 мин. В результате получились водные экстракты горчицы с содержанием сухих растворенных веществ 2,2 % и 5,2 % (по рефрактометру 1,334; 1,335 и 1,3425). Данные экстракты применялись как готовые моющие средства.

Применение озонирования окружающей воздушной среды осуществлялось аналогично предыдущему эксперименту по определению перспективных методов дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока. Все процессы дезинфекции осуществлялись с использованием установки по патенту 2728147 РФ Комбинированная моечная установка [11].

Обработка результатов определения эффективности моющих средств

Анализ результатов дезинфекции бактерий группы кишечных палочек (БГКП), стафилококков и Pseudomonas aeruginosa с поверхности нержавеющая сталь марки AISI 316 показал, что образцы моющих средств природного происхождения (механическая смесь кальцинированной соды 20-25 % и горчичного порошка 75-80 %; 2,2%-й и 5,2%-й водные экстракты горчичного порошка) и озонированная питьевая вода обладают одинаковой дезинфекционной эффективностью по сравнению с образцами химических моющих средств, применяемых в молочной промышленности (1 %-й водный раствор азотистой кислоты, 1 %-й водный раствор ортофосфорной кислоты, 1%-й водный раствор щелочи). Полученный эффект объясняется щелочными свойствами кальцинированной соды, обеспечивающими моющие свойства, а содержащиеся элементы в горчичном порошке и его водном экстракте (в основном, аллилизотиоцианат) создают дезинфицирующие свойства [9]. Дезинфицирующий эффект озонированной питьевой воды объясняется способностью озона уничтожать микроорганизмы путем постепенного окисления жизненно важных компонентов клетки [12-18]. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Механизм дезинфекции средств на основе озона заключается в окислительном воздействии при его распаде на микроорганизмы атомов кислорода. Кислотные и щелочные средства воздействуют путем изменения кислотности среды: соответственно, повышения и понижения. Входящий в состав горчицы аллилизотиоцианат является сильным токсином, что определяет ее дезинфицирующие свойства.

Таблица – Результаты дезинфекция поверхности образцов нержавеющей стали

№ стр.	Дезинфицирующее моющее средство	Результаты		
		БГКП, КОЕ/см³	Стафилококки, КОЕ/см³	Pseudomonasaeruginosa
1	Контрольный образец	386	134	не обнаружено
2	Озонированная среда	276	74	не обнаружено
3	Озонированная вода	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
4	Азотистая кислота	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
5	Ортофосфорная кислота	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено

Продолжение таблицы

6	Щелочь	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
7	Раствор Русаковой	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
8	2,2 % экстракт горчицы	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
9	5,2 % экстракт горчицы	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено

Заключение

Поведенные исследования показали, что дезинфекция поверхности образцов нержавеющей стали образцами моющих средств природного происхождения с использованием распыления ультра малого объема обеспечивает одинаковый эффект, отвечающих стандартам. Содержащиеся элементы в горчичном порошке (в основном, аллилизотиоцианат) позволяют выбрать его в качестве дезинфицирующего средства. Применение метода распыления ультра малого объема водного экстракта горчицы гидромодуля 1:25, 1:50 и озонированной питьевой воды позволяет отказаться от химических веществ в дезинфицирующем средстве, что позволяет повысить экологическую безопасность средства. Применение озонированной воздушной среды с заданной концентрацией озона не позволяет стерилизовать поверхности, в отличие от озонированной воды.

Предложенные образцы моющих средств заданных рецептур природного происхождения позволят отказаться от химических компонентов в моющих и дезинфицирующих растворах, что повысит экологическую безопасность отработанных растворов и снизить стоимость их дальнейшей утилизации при том же эффекте.

Список литературы

1. Бышов, Д.Н. К вопросу очистки воскового сырья: лабораторное исследование процесса диспергирования органических загрязнений / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – № 47. – Т. 3. – С. 79-83. DOI: https://doi.org/10.36508/RSATU.2020.26.75.014, URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44275715&.

2. Ковалева, О.В. Биотехнологические продукты: возможности и перспективы применения / Журнал АгроЭкоИнфор. – Немчиновка-1: Изд-во Всероссийский научно-исследовательский институт информатизации агрономии и экологии, 2018. – № 4 (34). – С. 51. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36835270.

3. Тешев, А.Ш. Результаты экспериментального исследования кинематики потоков жидкости в межпластинных каналах пластинчатых аппаратов / А.Ш. Тешев, Ю.А. Шекихачев, В.Х. Мишхожев // Журнал АгроЭкоИнфор. – Немчиновка-1: Изд-во Всероссийский научно-исследовательский институт информатизации агрономии и экологии, 2018. – № 2 (32). – С. 58. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35245371.

4. Матушкин, П.А. Обработка молочного оборудования с помощью пены / П.А. Матушкин, А.И. Завражнов // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья [Электронный ресурс] : материалы I Всерос. конф. с междунар. участием / под общ. ред. Ю. В. Родионова ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 222-226. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=39224296.

5. Краснов, И.Н. Организация молокоприемных пунктов при молочно-товарной ферме / И.Н. Краснов, А.Ю. Краснова, В.В. Мирошникова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – Т. 12. – № 1 (60) – С. 90-99. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=39385047.

6. Ребиндер, П.А. Физико-химия моющего действия. Сборник научно-исследовательских работ сектора моющих средств ВНИИЖ / П.А. Ребиндер, Е.К. Венстрем, М.П. Воларович, А.М. Вязникова, Н.Н. Петрова, Н.Н. Серб-Сербина, Н.М. Смирнов, А.Б. Таубман и др. – Л.-М.: Пищепромиздат, 1935

7. Завражнов, А.И. Обоснование технологических параметров процесса мойки молочного оборудования, применяемого в сельскохозяйственном производстве / А.И. Завражнов, П.А. Матушкин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – Т. 12. – № 1 (60) – С. 100-107. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=38207197.

8. Завражнов, А.И. Действие поверхностно-активных веществ на поверхностное натяжение жидкости при пенной мойке оборудования молокоперерабатывающих производств / А.И. Завражнов, П.А. Матушкин // Журнал Наука в Центральной России. – Тамбов: Изд-во Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», 2019. – № 6 (42) – С. 23-29. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41554441.

9. Пат. 2127753 Российская Федерация, МПК C11D3/382. Моющее средство / Г.Г. Русакова; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Волгоградский маслоэкстракционный завод «Сарепта»». – № 96112914/04; заявл. 19.06.1996; опубл. 20.03.1999. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=38123419.

10. Пат. 2738938 Российская Федерация, МПК

B01D11/02 (2006.01), СПК B01D11/02 (2020.08). Универсальная вакуумная экстрактно-выпарная установка / С.А. Анохин, Д.В. Никитин, Ю.В. Родионов, А.А. Гуськов, И.А. Елизаров, В.Н. Назаров; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ТГТУ». – № 2019143887; заявл. 23.12.2019; опубл. 18.12.2020, Бюл. № 35. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44442340.

11. Пат. 2728147 Российская Федерация, МПК A47L 1/02, СПК B05B 7/00. Комбинированная моечная установка / С.А. Анохин, А.А. Гуськов, Д.В. Никитин, Ю.В. Родионов, И.С. Филатов, Н.А. Шестакова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Тамб. ГТУ». – № 2019144504; заявл. 27.12.2019; опубл. 28.07.2020, Бюл. № 22. – 5 с.: 1 ил. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43907379.

12. Zeynep B. Guzel-Seydim, Annel K. Greene, A.C. Seydim, Use of ozone in the food industry, LWT - Food Science and Technology, Volume 37, Issue 4, 2004, Pages 453-460, ISSN 0023-6438, DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.10.014.

13. K. Botzenhart, G. M. Tarcson, M. Ostruschka; Inactivation of Bacteria and Coliphages by Ozone and Chlorine Dioxide in a Continuous Flow Reactor. Water Sci Technol 1 February 1993; 27 (3-4): 363–370. DOI: https://doi.org/10.2166/wst.1993.0376.

14. Burleson, G.R., Murray, T.M., Pollard, M. Inactivation of viruses and bacteria by ozone, with and without sonication (1975) Journal of Applied Microbiology, 29(3), pp. 340-344. DOI: https://doi.org/10.1128/aem.29.3.340-344.1975.

15. Maier, Ingo & Chu, Timothy. (2016). Use of Ozone for Inactivation of Bacteria and Viruses in Cryostats. Journal of Cytology & Histology. 7. DOI: https://doi.org/10.4172/2157-7099.1000428.

16. Greene A. K., Few B. K., Serafini J. C. Ozonated vs. chlorinated sanitization of stainless steel surfaces soiled with milk spoilage organisms // Journal of Dairy Science. – 1993. – Т. 76. – С. 3617-3620.

17. Greene A. K. et al. Effect of ozonated water sanitization on gasket materials used in fluid food processing // Journal of food engineering. – 1994. – Т. 21. – №. 4. – С. 439-446.

18. A. Pascual, I. Llorca, A. Canut, Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities, Trends in Food Science & Technology, Volume 18, Supplement 1, 2007, Pages S29-S35, ISSN 0924-2244, DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.10.006.

DETERGENT RECIPES FOR WASHING AND DISINFECTING DAIRY EQUIPMENT FOR FARMING

Rodionov Yuri V., *Dr. Sci., Professor, Professor of the Department of Mechanics and Engineering Graphics, Tambov State Technical University, rodionow.u.w@rambler.ru*

Nikitin Dmitry V., *Cand. tech. Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanics and Engineering Graphics, Tambov State Technical University, dmitryndv@gmail.com*

Anokin Sergey A., *senior lecturer of the Department of Engineering and Technology of Road Transport, Tambov State Technical University, fwut@mail.ru*

Guskov Artem A., *Cand. tech. Sci., Associate Professor of the Department of Engineering and Technology of Road Transport, Tambov State Technical University, tyoma-1@mail.ru*

Problem and purpose. *The aim of the study was to compare the effectiveness of various formulations of detergents for disinfection of bacteria of the group of E. coli (BCG), staphylococci and Pseudomonas aeruginosa from the surface of stainless steel AISI 316.*

Methodology. *To achieve the goal, the following were used as samples of detergents of specified formulations with equal compositions: ozonized drinking water, bubbled for 5 minutes; 1% aqueous solution of nitrous acid, 1% aqueous solution of phosphoric acid, 1% aqueous solution of alkali; mechanical mixture of soda ash 20-25% and mustard powder 75-80%; 2.2% and 5.2% mustard powder aqueous extracts. The extraction of mustard powder was carried out in hydromodules 1:25 and 1:50 at a vacuum of 0.6 kPa and a temperature of 56 ° C for 40 min. To infect samples of stainless steel plates with bacteria, the microflora was preliminarily grown on a nutrient medium (MPA - mesopatamia agar) with its subsequent addition to milk with a fat content of 3.4 - 4.5% in accordance with TU 9222-242-00419785-04. The test samples of the plates were subjected to 15 minutes of disinfection with a washing solution by the ultra-small volume spraying method. The effectiveness of disinfection was assessed by samples of a cotton-gauze washout of a sterile rod, placed in a test tube with a nutrient medium, followed by analysis according to the MUK 4.2.2942-11 method.*

Results. *Analysis of the results of disinfection showed that the mechanical mixture of soda ash 20-25% and mustard powder 75-80%; 2.2% and 5.2% aqueous extracts of mustard powder and ozonized drinking water have the same disinfection efficiency compared to the samples of chemical detergents used in the dairy industry.*

Conclusion. *The proposed samples of detergents of predetermined formulations of natural origin will make it possible to abandon chemical components in detergents and disinfectants, which will increase the environmental safety of waste solutions and reduce the cost of their further disposal.*

Key words: milk, washing, disinfection, ozone, mustard powder, environmental safety.

Literatura

1. Byshov, D.N. K voprosu ochistki voskovogo syr'ya: laboratornoe issledovanie processa dispergirovaniya

organicheskih zagryaznenij / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – Ryazan': Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva, 2020. – № 47. – T. 3. – S. 79-83.

2. Kovaleva, O.V. Biotekhnologicheskie produkty: vozmozhnosti i perspektivy primeneniya / ZHurnal AgroEkoInfor. – Nemchinovka-1: Izd-vo Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut informatizacii agronomii i ekologii, 2018. – № 4 (34). – S. 51.

3. Teshev, A.SH. Rezul'taty eksperimental'nogo issledovaniya kinematiki potokov zhidkosti v mezhplastinnyh kanalah plastinchatyh apparatov / A.SH. Teshev, YU.A. SHekihachev, V.H. Mishkhozhev // ZHurnal AgroEkoInfor. – Nemchinovka-1: Izd-vo Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut informatizacii agronomii i ekologii, 2018. – № 2 (32). – S. 58.

4. Matushkin, P.A. Obrabotka molochnogo oborudovaniya s pomoshch'yu peny / P.A. Matushkin, A.I. Zavrazhnov // Importozameshchayushchie tekhnologii i oborudovanie dlya glubokoj kompleksnoj pererabotki sel'skohozyajstvennogo syr'ya [Elektronnyj resurs] : materialy I Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem / pod obshch. red. YU. V. Rodionova ; FGBOU VO «TGTU». – Tambov: Izdatel'skij centr FGBOU VO «TGTU», 2019. – S. 222-226.

5. Krasnov, I.N. Organizaciya molokopriemnyh punktov pri molochno-tovarnoj ferme / I.N. Krasnov, A.YU. Krasnova, V.V. Miroshnikova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Voronezh: FGBOU VO Voronezhskij GAU, 2019. – T. 12. – № 1 (60) – S. 90-99.

6. Rebinder, P.A. Fiziko-himiya moyushchego dejstviya. Sbornik nauchno-issledovatel'skih rabot sektora moyushchih sredstv VNIIZH / P.A. Rebinder, E.K. Venstrem, M.P. Volarovich, A.M. Vyaznikova, N.N. Petrova, N.N. Serb-Serbina, N.M. Smirnov, A.B. Taubman i dr. – L.-M.: Pishchepromizdat, 1935

7. Zavrazhnov, A.I. Obosnovanie tekhnologicheskih parametrov processa mojki molochnogo oborudovaniya, primenyaemogo v sel'skohozyajstvennom proizvodstve / A.I. Zavrazhnov, P.A. Matushkin // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Voronezh: FGBOU VO Voronezhskij GAU, 2019. – T. 12. – № 1 (60) – S. 100-107.

8. Zavrazhnov, A.I. Dejstvie poverhnostno-aktivnyh veshchestv na poverhnostnoe natyazhenie zhidkosti pri pennoj mojke oborudovaniya molokopererabatyvayushchih proizvodstv / A.I. Zavrazhnov, P.A. Matushkin // ZHurnal Nauka v Central'noj Rossii. – Tambov: Izd-vo Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie «Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut ispol'zovaniya tekhniki i nefteproduktov v sel'skom hozyajstve», 2019. – № 6 (42) – S. 23-29.

9. Pat. 2127753 Rossijskaya Federaciya, MPK C11D3/382. Moyushchee sredstvo / G.G. Rusakova; zayavitel' i patentoobladatel' Otkrytoe akcionernoe obshchestvo «Volgogradskij masloekstrakcionnyj zavod «Sarepta»». – № 96112914/04; zayavl. 19.06.1996; opubl. 20.03.1999.

10. Pat. 2738938 Rossijskaya Federaciya, MPK B01D11/02 (2006.01), SPK B01D11/02 (2020.08). Universal'naya vakuumnaya ekstraktno-vyparnaya ustanovka / S.A. Anohin, D.V. Nikitin, YU.V. Rodionov, A.A. Gus'kov, I.A. Elizarov, V.N. Nazarov; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «TGTU». – № 2019143887; zayavl. 23.12.2019; opubl. 18.12.2020, Byul. № 35.

11. Pat. 2728147 Rossijskaya Federaciya, MPK A47L 1/02, SPK B05B 7/00. Kombinirovannaya moechnaya ustanovka / S.A. Anohin, A.A. Gus'kov, D.V. Nikitin, YU.V. Rodionov, I.S. Filatov, N.A. SHestakova; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Tamb. GTU». – № 2019144504; zayavl. 27.12.2019; opubl. 28.07.2020, Byul. № 22. – 5 s.: 1 il.

12. Zeynep B. Guzel-Seydim, Annel K. Greene, A.C. Seydim, Use of ozone in the food industry, LWT - Food Science and Technology, Volume 37, Issue 4, 2004, Pages 453-460, ISSN 0023-6438, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.10.014.

13. K. Botzenhart, G. M. Tarcson, M. Ostruschka; Inactivation of Bacteria and Coliphages by Ozone and Chlorine Dioxide in a Continuous Flow Reactor. Water Sci Technol 1 February 1993; 27 (3-4): 363–370. DOI: https://doi.org/10.2166/wst.1993.0376.

14. Burleson, G.R., Murray, T.M., Pollard, M. Inactivation of viruses and bacteria by ozone, with and without sonication (1975) Journal of Applied Microbiology, 29(3), pp. 340-344. DOI: https://doi.org/10.1128/aem.29.3.340-344.1975.

15. Maier, Ingo & Chu, Timothy. (2016). Use of Ozone for Inactivation of Bacteria and Viruses in Cryostats. Journal of Cytology & Histology. 7. DOI: https://doi.org/10.4172/2157-7099.1000428.

16. Greene A. K., Few B. K., Serafini J. C. Ozonated vs. chlorinated sanitization of stainless steel surfaces soiled with milk spoilage organisms // Journal of Dairy Science. – 1993. – T. 76. – C. 3617-3620.

17. Greene A. K. et al. Effect of ozonated water sanitization on gasket materials used in fluid food processing // Journal of food engineering. – 1994. – T. 21. – №. 4. – C. 439-446.

18. A. Pascual, I. Llorca, A. Canut, Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities, Trends in Food Science & Technology, Volume 18, Supplement 1, 2007, Pages S29-S35, ISSN 0924-2244, DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.10.006.

УДК 631.3-1/-9

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.017

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ НОМИНАЛЬНОГО ОБЪЕМА КУЗОВА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ РАБОТ

СТЕПАШКИНА Алена Сергеевна, *аспирант кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет, stepashk-aloyna@yandex.ru*

Проблема и цель. *Целью исследования явилось изучение опытным и расчетным путем повышения производительности и увеличения эффективности использования автотранспортных средств за счёт увеличения номинального объема транспортного средства при использовании деревянных наставных бортов при осуществлении перевозок зерновых культур на примере пшеницы, ячменя и ржи при выполнении зерноуборочных работ.*

Методология. *На основании расчетных показателей произведен анализ эффективности использования увеличенного объема кузова автосамосвала КамАЗ 65115 за счет применения деревянных наставных бортов высотой 0,3 м по четырем сторонам кузова. Проведен расчет таких показателей, как суммарная масса перевозимой продукции, производительность автомобиля при перевозке зерновых культур (пшеницы, ячменя и ржи) в соответствующих единицах. Проведен сравнительный анализ полученных результатов и сделаны соответствующие выводы.*

Результаты. *На основании проведенных расчётов и экспериментов получены данные для сравнения результатов. Так, расчетным путем доказана эффективность применения наставных деревянных бортов для увеличения номинального объема кузова автомобиля, задействованного в перевозках зерновых культур. Увеличение объема кузова на 3 м³ при перевозках пшеницы позволило сократить простои автомобиля на 0,9 ч, при этом суммарная масса перевезенной продукции увеличилось на 20%, показатели производительности в соответствующих единицах также увеличились. Несущественное увеличение производительности за счет использования наставных бортов отмечено и при перевозках ячменя, при этом суммарная масса перевезённой продукции увеличилась на 4,7 %. Использование наставных бортов при перевозках ржи позволило увеличить суммарную массу на 3,3 %, при этом показатели производительности ухудшились.*

Ключевые слова: *внутрихозяйственные перевозки, эксплуатация машинно-транспортного парка, показатели эффективности работы МТА, производительность автомобиля, зерноуборочные работы.*

Введение

Сельское хозяйство России в условиях нестабильной экономической ситуации на мировом рынке является одной из основных и жизнеобеспечивающих областей народного хозяйства. Около 4% Российского ВВП приходится на сельскохозяйственную отрасль. Агропромышленный комплекс России в большей степени базируется на двух основных отраслях: животноводство и растениеводство. По итогам 2020 года объем производства продукции растениеводства увеличился более чем на 7 % по данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации.

В аграрно-промышленном комплексе России основными производителями сельскохозяйственных культур являются Центральные регионы, Юг и Поволжье. В 2020 году в Рязанской области валовый сбор зерновых культур превысил 2950 тысяч тонн, прирост к показателю по сравнению с 2019 годом составил более 34,6 %.

Наряду с увеличением количественных и качественных показателей растениеводства важным аспектом является увеличение и совершенствование автомобильно-транспортного парка. Для успешного развития сельскохозяйственной отрасли большое значение имеет рациональных подход к формированию машинно-тракторного парка предприятия [1-7]. В отличие от промышленного производства сельскохозяйственное производство имеет свою особенность – сезонность. Перевозки сельскохозяйственной продукции осложняются рядом факторов, таких как погодные условия, склонность груза к повреждениям, а также быстрое изменение свойств из-за условий окружающей среды. Поэтому организация транспортного обслуживания в короткие сроки с наименьшими затратами является одним из условий получения максимально возможного урожая.

Рассмотрим расчет оптимального количества транспортных средств, необходимых для транспортировки полученного урожая до мест хранения или первичной обработки. Основным документом для проведения расчета служат технологические карты по возделываю сельскохозяйственных культур (табл. 1) [8,9].

Таблица 1 – Объем перевозок урожая по культурам

Культура	Площадь возделывания, га	Календарные сроки работ	Количество рабочих дней	Урожайность (среднее значение на основании многолетних наблюдений), т/га
Пшеница	3800	20.07-20.08	12	1,9
Ячмень	2000	20.07-20.08	10	2,2
Рожь	2400	1.08-31.08	9	1,3

© Степашкина А. С., 2021 г.

Целью исследования является расчет экономической выгоды за счет использования транспортных средств с наращенными бортами для вывоза урожая с поля.

Объекты и методы

Для проведения исследования было выбрано сельскохозяйственное предприятие, расположенное в Захаровском районе Рязанской области. На основании технологических карт вычисляется примерный объем грузов Q_i по операции. Расчет выполняется по формуле [10]:

$$Q_i = S_i \times Y_i \quad (1)$$

где S_i – площадь возделывания культуры, га;
Y_i – среднее значение урожайности, т/га.

Для расчета количества груза с учетом коэффициента повторности принимают формулу:

$$Q_i^0 = Q_i \times К \quad (2)$$

где, Q_i – объем перевозимого груза в тоннах,
К – коэффициент повторности; для наших грузов составляет К=2,5 [11,12,13].

Для расчета объема работ по каждой культуре (в тонно-километрах)(табл.2) применяется формула:

$$F = Q_i^0 \times l_i \quad (3)$$

где, l_i – расстояние от места сбора урожая до места хранения или переработки, км.

Таблица 2 – Расчетные показатели транспортных работ по предприятию

Культура	Объем перевозки груза,3800* т	Коэффициент повторности, К	Объем транспортных работ	Расстояние перевозки, км	Объем работ, т/км
Пшеница	7220	2,5	18050	4	72200
Ячмень	4400	2,5	11000	10	110000
Рожь	3120	2,5	7800	6	46800

Суммарный объем транспортных работ по предприятию, таким образом, составляет 229000 т/км.

Для транспортировки полученной продукции применяются самосвалы КамАЗ-65115-А4. Данные самосвалы обладают 15-тонной грузоподъемностью и объемом кузова 10 м³.

Для определения эффективности использования автосамосвалов данной модели вычислим производительность КамАЗ 65115 для каждого вида культуры [14,15]. Расчетное время наряда – 8 ч.

Автомобиль данной модели обладает следующими техническими характеристиками:

грузоподъемность автомобиля, кг – 15000;
объем платформы, м³ – 10;
максимальная скорость , км/ч – 90;
ширина кузова, м – 2,5;
высота кузова, м – 1,130;
высота бортов кузова, м – 1130 м.

На рисунке 1 представлена фотография автосамосвала КамАЗ 65115. Информация о габаритных параметрах представлена на рисунке 2.

Рис. 1 – Фотография автосамосвала КамАЗ с исходными параметрами кузова

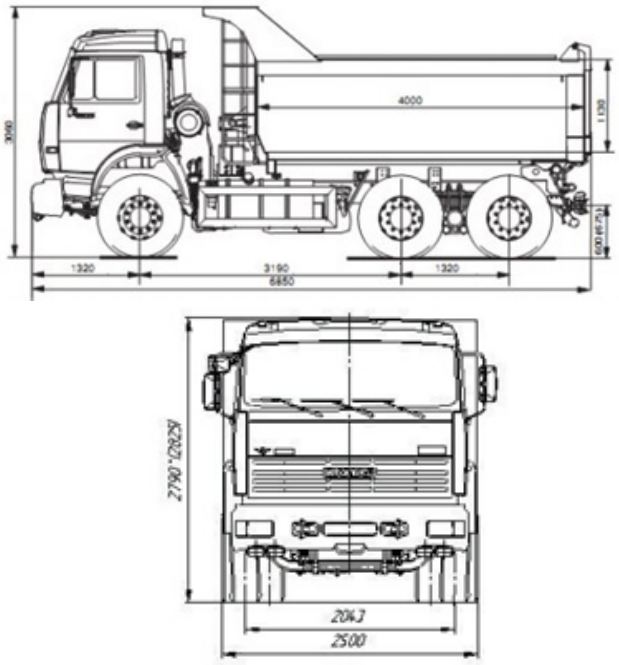


Рис.2 – Габаритные параметры автосамосвала КамАЗ 65115

Масса груза в кузове определяется по формуле:

$$q_ф = V * v_k * \lambda \quad (4)$$

где, V – вместимость кузова согласно технической характеристике самосвала, м³;
v_k – объемна масса груза, т/м³;
λ – коэффициент использования объема кузова.

С целью сокращения потерь при перевозке зерновых культур значение коэффициента ис-

пользования объема кузова принято λ=0,98 [16].

Таким образом, масса груза в кузове при перевозке пшеницы составит 7,84 т, ячменя – 5,88 т, ржи – 6,86 т.

Время поездки автомобиля рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{l}{\beta v_0} + \frac{t_{\text{пр}}}{60} \quad (5)$$

где, l – расстояние перевозки, км;

β –коэффициент использования пробега;

v_0 – техническая скорость автомобиля при перевозке, км/ч;

$t_{пр}$ – время простоя автомобиля при проведении погрузочно-разгрузочных работ, мин.

Время поездки автомобиля, рассчитанное по формуле (5), при заданных условиях составляет: для пшеницы – 1,40 ч, ячменя – 0,90 ч, ржи – 0,93 ч.

Таким образом, автомобиль совершит следующее количество рейсов по каждому виду культур за время пребывания в наряде (8 ч): с пшеницей – 5 рейсов, ячменем – 8 рейсов, рожью – 8 рейсов. При этом уточненное время в наряде составит: при перевозке пшеницы – 7 ч, ячменя – 7,2 ч, ржи – 7,44 ч.

Производительность автомобиля в т/ ч определяется по формуле:

$$\omega_T = \frac{q_N * \gamma_s * \beta * v_0}{l + \beta * v_0 * t_{\text{пр}}} \quad (6)$$

где, q_N – номинальная грузоподъёмность автомобиля;

γ_s – коэффициент статического использования грузоподъемности автомобиля, определяется отношением фактического объема груза к номинальной грузоподъёмности.

Производительность автомобиля при перевозке пшеницы составит 0,1 т/ч, ячменя – 0,14 т/ч, ржи – 0,14 т/ч.

Для расчета производительности автомобиля в т·км/ч применяют формулу:

$$\omega_D = \frac{q_N * \gamma_d * \beta * v_0 * l}{l + \beta * v_0 * t_{\text{пр}}} \quad (7)$$

где γ_d – коэффициент динамического использования грузоподъемности.

При осуществлении перевозок одним автомобилем одного груза коэффициент динамического использования грузоподъемности равен коэффициенту статического использования грузоподъемности автомобиля, т.е. $\gamma_s = \gamma_d$ [17,18].

Производительность автомобиля при перевозке пшеницы составит 0,39 т·км/ч, ячменя – 1,4 т·км/ч, ржи – 0,86 т·км/ч.

Исходя из расчетов, можно сделать следующие выводы.

При перевозке пшеницы от места сбора до мест хранения и первичной переработки на расстояние 4 км самосвал марки КамАЗ 65115 за время пребывания в наряде выполняет 5 рейсов, при этом фактически время работы составляет 7 часов, что на 1 ч меньше времени наряда. Расчетная производительность в час составляет 0,1 т, выполняется за час 0,39 т·км/ч. Номинальная грузоподъемность автомобиля данной марки и модели составляет 15 т, фактически масса перевозимого груза составляет 7,84 т (52,2 %).

При перевозке ячменя расстояние перевозки составляет 10 км, автомобиль КамАЗ 65115 за время пребывания в наряде выполняет 8 рейсов, при этом фактическое время работы из 8 часов наряда составляет 7,2 ч. Расчетная производительность 0,14 т/ч, выполняется за час 1,4 т·км/ч. При номинальной грузоподъемности автомобиля 15 т фактическая масса перевозимого груза составляет 5,88 т (39,2 %).

При перевозке ржи расстояние перевозки составляет 6 км, автомобиль КамАЗ 65115 за время пребывания в наряде выполняет 8 рейсов, при этом фактическое время работы из 8 часов наряда составляет 7,44 ч. Расчетная производительность 0,14 т/ч, выполняется за час 0,86 т·км/ч. При номинальной грузоподъемности автомобиля 15 т фактическая масса перевозимого груза составляет 6,86 т (45,7 %).

При номинальной грузоподъемности автомобиля КамАЗ 65115 15 т фактически перевозимая масса, в зависимости от вида перевозимой продукции, составляет около 50 %, что неэффективно. Исходя из этого было принято решение увеличить номинальный объём кузова за счет наставных бортов.

На рисунке 2 представлена фотография автосамосвала КамАЗ 65115 с увеличенным объемом кузова за счет применения наставных бортов, выполненных из деревянных досок высотой 10 см каждая.

Рис. 2 – Фотография автосамосвала КамАЗ 65115 с увеличенным объемом кузова за счет применения наставных бортов

За счет применения наставных бортов номинальный объем кузова увеличился на 3 м³ (4м×2,5м×0,3м). Суммарный вмещающий объем кузова после применения наставных бортов составил 18 м³.

Проведем расчет всех показателей для автосамосвала КамАЗ с увеличенным объемом кузова за счет применения наставных бортов при эксплуатации в аналогичных условия транспортных работ.

Масса груза в кузове при данном объеме кузова составила: пшеница – 9,4 т, ячмень – 7,056 т, рожь – 8,11т.

Время поездки автомобиля составило: для пшеницы – 1,58 ч, для ячменя – 1,03 ч, ржи – 1,07 ч.

Таким образом, автомобиль совершит следующее количество рейсов по каждому виду культур за время пребывания в наряде (8 ч): пшеницы – 5 рейсов, ячменя – 7 рейсов, ржи – 7 рейсов. При этом уточненное время в наряде составит: при перевозке пшеницы – 7,9 ч, ячменя – 7,21 ч, ржи – 7,49 ч.

Производительность автомобиля при перевозке пшеницы составит 0,9 т/ч, ячменя – 0,14 т/ч, ржи – 0,12 т/ч.

Производительность автомобиля в т·км/ч составит: при перевозке пшеницы – 0,5 т·км/ч, при перевозке ячменя – 1,43 т·км/ч, при перевозке ржи – 0,74 т·км/ч.

Исходя из приведенных расчетов, можно сделать следующие выводы.

При перевозке пшеницы от места сбора до мест хранения и первичной переработки на расстояние 4 км самосвал марки КамАЗ 65115 за время пребывания в наряде выполняет 5 рейсов, при этом фактически время работы составляет 7,9 часов, что на 0,1 ч меньше времени наряда. Расчетная производительность в час составляет 0,9 т, выполняется за час 0,5 т·км/ч. Номинальная грузоподъемность автомобиля данной марки и модели составляет 15 т, фактически масса перевозимого груза составляет 9,4 т (62,6 %).

При перевозке ячменя расстояние перевозки составляет 10 км, автомобиль КамАЗ 65115 за время пребывания в наряде выполняет 7 рейсов, при этом фактическое время работы из 8 часов наряда составляет 7,21 ч. Расчетная производительность 0,14 т/ч, выполняется за час 1,43 т·км/ч. При номинальной грузоподъемности автомобиля 15 т фактическая масса перевозимого груза составляет 7,056 т (47 %).

При перевозке ржи расстояние перевозки составляет 6 км, автомобиль КамАЗ 65115 за время пребывания в наряде выполняет 7 рейсов, при этом фактическое время работы из 8 часов наряда составляет 7,49 ч. Расчетная производительность 0,12 т/ч, выполняется за час 0,74 т·км/ч. При номинальной грузоподъемности автомобиля 15 т фактическая масса перевозимого груза составляет 8,11 т (54 %).

Результаты и обсуждение

При анализе полученных результатов на основе расчетов можно сделать следующие выводы.

При увеличении объема кузова за счет наставных деревянных бортов на кузов автосамосвала КамАЗ 65115 при транспортировке пшеницы от места сбора до места хранения или первичной обработки были достигнуты следующие результаты: уточненное время в наряде увеличилось на 0,9 ч (т.е. время простоя уменьшилось на данное значение); производительность автомобиля увеличилась с 0,1 т/ч до 0,9 т/ч; производительность автомобиля в показателе т·км/ч также увеличилась с 0,39 т·км/ч до 0,5 т·км/ч. Масса перевезенной пшеницы за время наряда в кузове с наставными бортами составила 47 т, что на 7,8 т (·≈20 %) больше, чем при перевозке в стандартном кузове.

Эффективность использования наставных бортов при перевозке ячменя и ржи немного меньше по сравнению с перевозкой пшеницы. За счет использования кузова с наставными бортами удалось снизить простои автомобиля на 0,01 ч (при перевозке ячменя) и 0,05 ч (при перевозке ржи). Производительность автомобиля в т/ч и т·км/ч при перевозке ячменя осталась на том же уровне, а при перевозке ржи, наоборот, уменьшилась, но незначительно.Производительность при использовании стандартного кузова составила 0,14 т/ч (0,86 т·км/ч), при использовании кузова с наставными бортами – 0,12 т/ч (0,74 т·км/ч). При этом масса перевезённого ячменя за время наряда составила 49,4 т, что на 2,36 т (≈4,7 %) больше, чем при перевозке в стандартном кузове; ржи – 56,8 т, что на 1,9 т (≈3,3 %) больше, чем при перевозке в стандартном кузове. На рисунке 3 представлена диаграмма изменения массы перевезенной продукции за время наряда.

На рисунках 4 и 5 представлена диаграмма изменения производительности автосамосвала за счет увеличения объема кузова с применением наставных бортов.

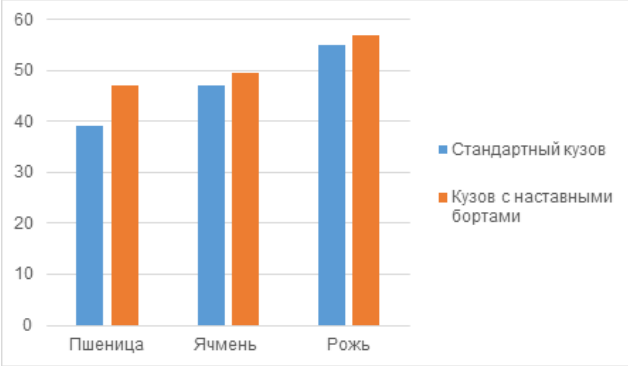


Рис.3 – Масса перевезенной продукции за время наряда

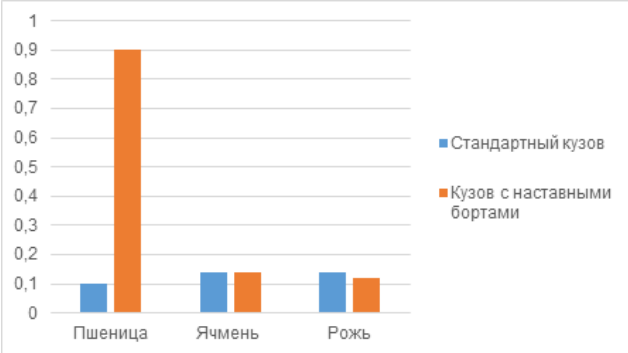


Рис.4 – Показатель производительности самосвала КамАЗ 65115, т/ч

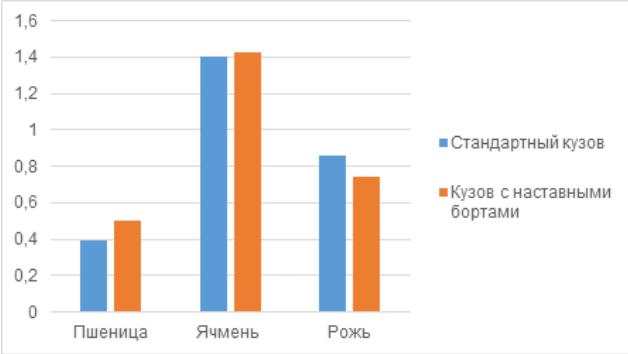


Рис.5 – Показатель производительности самосвала КамАЗ 65115, т·км/ч

Из вышесказанного можно сделать вывод, что наибольшая эффективность и увеличение производительности автосамосвала КамАЗ 65115 с наставными бортами достигается при перевозке пшеницы от места сбора к месту хранения и первичной переработки.

Заключение

В ходе выполнения работы расчетным путем проведен анализ эффективности увеличения кузова автомобиля-самосвала КамАЗ 65115 за счет применения наставных бортов при выполнении транспортных работ по перевозке трех зерновых культур (пшеница, ячмень, рожь) с места сбора до места хранения или первичной обработки. Наилучшие результаты за счет увеличения объема кузова достигнуты при выполнении транспортных работ по перевозке пшеницы. Масса перевозимой пшеницы увеличилась на 20 % по сравнению с использованием стандартного кузова автомобиля; удалось сократить простои автотранспорта на 0,9 ч; производительность автомобиля увеличилась. Незначительные результаты по увеличению производительности за счет применения кузова с наставными бортами достигнуты при перевозке ячменя. Однако, при транспортировке ржи от места сбора к месту хранения с условием применения кузова с наставными бортами производительность использования автомобиля снилась, но количество перевозимой продукции увеличилось на 3,3 %.

Список литературы

1. Uspenskiy I. A., Rembalovich G. K., Yukhin I. A., Ryabchikov D. S., Stepashkina A. S. Development and testing of a conveyor for detecting various types of vehicles when transporting agricultural products from the field // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering832 (2020) 012059IOP Publishing DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/832/1/012059

2. Mamat H. S., Husen E. Socio-economic aspect and carrying capacity of agricultural land resources to support the development of strategic agricultural commodities // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 648, 1st International Conference on Sustainable Tropical Land Management 16 - 18 September 2020, Bogor, Indonesia. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012019

3. Измайлов, А.Ю.К вопросу обоснования технико-экономического уровня сельскохозяйственных машин и оборудования / А.Ю. Измайлов, В.А. Макаров // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016.-№3. - С.17-19

4. Herrmann A. Transportverfahren in der Landwirtschaft. Arbeitswissenschaftliche Aspekte. Neue Landwirtschaft. - 1994. - №12. - S. 78-80.

5. Hubert Wümer. Sehr schnell aber auch teuer / Wifmer Hubert //Profi. -2000.- Na 6.- P. 26-28. ISSN 0937-1583.

6. Basil Gomez. The Potential Rate of BedLoad Transport. Source: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 103, No. 46 158 (Nov. 14, 2006), pp. 17170-17173., National Academy of Sciences.

7. Мероприятия по повышению эксплуатационных показателей автотракторной техники при внутрихозяйственных перевозках в АПК / А. В. Бортник, И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Волченкова // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 9 (267). – С. 33-36.

8. Агеев, Л.Е. Основы расчета оптимальных и допустимых режимов работы машинно-тракторных агрегатов / Л.Е. Агеев – М.: Колос, 1978. – 294с.

9. Аникин, Н.В. Анализ внутрихозяйственных перевозок сельскохозяйственной продукции / Н.В. Аникин, Н.В. Бышов, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Сборник статей II международной научно-производственной конференции «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса» - Пенза, 2009 – С. 111-113.

10. Расчет транспортно – производственных процессов и систем – Учебное пособие к практическим занятиям по дисциплине «Перевозка грузов с.х. назначения» – КГАУ. – Краснодар, 2013. – 37 с.

11. Маслов, Г.Г. Разработка операционных технологий выполнения сельскохозяйственных механизированных работ (методические рекомендации)/ Г.Г. Маслов Е.В. Припоров, А.В. Палапин– КГАУ. – Краснодар, 2008.

12. Зангиев, А. А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / А. А. Зангиев, Г. П. Лышко, А. Н. Скороходов. - М.: Колос, 1996. - 320 с.

13. Зангиев, А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А. А. Зангиев, А. В. Шпилько, А. Г. Левшин. - М.: КолосС, 2004. - 320 с.

14. Беренштейн, И.Б. Внутрихозяйственная и междугородная транспортировка плодов / И.Б. Беренштейн // Труды ВНИИ сад. им. И.В. Мичурина, Вып. 17. – Мичуринск, 1973. – С. 263-270.

15. Билибина, Н.Ф. Расчет экономической эффективности внедрения новой техники на автомобильном транспорте/ Н.Ф. Билибина.: М.: Транспорт 1989, 233с.

16. Булатов, Е.П. Особенности перевозки сельскохозяйственной продукции в кузове автотранспортных средств / Е.П. Булатов, Г.Д. Кокорев, Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Часть 2. Материалы VI международной научно-практической конференции. г. Пенза . 18-20 мая 2010 года, с. 22-27.

17. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин - М.: Колос, 1987. - 159 с.
18. Василенко, П.М. Элементы методики математической обработки результатов экспериментальных исследований / П.М. Василенко - М.: 1958. - 217 с.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE USE OF MOTOR VEHICLES BY INCREASING THE NOMINAL VOLUME OF THE BODY WHEN PERFORMING GRAIN HARVESTING OPERATIONS

Stepashkina Alyona S., *Postgraduate student of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan state agrotechnological university named after P. A. Kostychev, stepashk-aloyna@yandex.ru*

Problem and purpose. *The purpose of the study was to study the experimental and calculated way to increase the productivity and increase the efficiency of the use of motor vehicles by increasing the nominal volume of the vehicle when using wooden lifting boards when transporting grain crops, for example, wheat, barley and rye when performing grain harvesting operations.*
Methodology. *Based on the calculated indicators, the analysis of the efficiency of using the increased body volume of the KAMAZ 65115 dump truck due to the use of wooden lifting boards with a height of 0.3 m on the four sides of the body was carried out. The calculation of such indicators as the total weight of the transported products, the performance of the car when transporting grain crops (wheat, barley and rye) in the corresponding units is carried out. A comparative analysis of the results obtained and the corresponding conclusions are made.*
Results. *Based on the calculations and experimental experiments, the results for comparative results are obtained. Thus, the effectiveness of the use of removable wooden sides to increase the nominal volume of the car body involved in the transportation of grain crops has been proved by calculation. The increase of the body by 3 m³ during the transportation of wheat allowed to reduce the downtime of the car by 0.9 hours, while the total weight of the transported products increased by 20%, the performance indicators in the corresponding units also increased. An insignificant increase in productivity due to the use of lifting boards was also noted in the transportation of barley, while the total weight of the transported products increased by 4.7%. The use of lifting boards in the transportation of rye allowed an increase in the total weight by 3.3%, while productivity indicators deteriorated.*

Key words: *on-farm transportation, operation of the machine-transport fleet, MTA performance indicators, vehicle performance, grain harvesting operations.*

Literatura

1. I A Uspenskiy, G K Rembalovich, I A Yukhin, D S Ryabchikov and A S Stepashkina. Development and testing of a conveyor for detecting various types of vehicles when transporting agricultural products from the field // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering832 (2020) 012059IOP Publishing DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/832/1/012059
2. H S Mamat and E Husen. Socio-economic aspect and carrying capacity of agricultural land resources to support the development of strategic agricultural commodities // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 648, 1st International Conference on Sustainable Tropical Land Management 16 - 18 September 2020, Bogor, Indonesia. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012019
3. Izmajlov A.YU., Makarov V.A. K voprosu obosnovaniya tekhniko-ekonomicheskogo urovnya sel'skohozyajstvennyh mashin i oborudovaniya // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. – 2016.-№3. - S.17-19
4. Herrmann A. Transportverfahren in der Landwirtschaft. Arbeitswissenschaftliche Aspekte.Neue Landwirtschaft. - 1994. - №12. - S. 78-80.
5. Hubert Wümer. Sehr schnell aber auch teuer / Wifmer Hubert //Profi. -2000.- Na 6.- P. 26-28. ISSN 0937-1583.
6. Basil Gomez. The Potential Rate of BedLoad Transport. Source: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 103, No. 46 158 (Nov. 14, 2006), pp. 17170-17173., National Academy of Sciences.
7. Meropriyatiya po povysheniyu ekspluatacionnyh pokazatelej avtotraktornoj tekhniki pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah v APK / A. V. Bortnik, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin, V. A. Volchenkova // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2019. – № 9 (267). – S. 33-36.
8. Ageev L.E. Osnovy rascheta optimal'nyh i dopustimyh rezhimov raboty mashinno-traktornyh agregatov / L.E. Ageev – M.: Kolos, 1978. – 294s.
9. Anikin N.V. Analiz vnutrihozyajstvennyh perevozok sel'skohozyajstvennoj produkcii / N.V. Anikin, N.V. Byshov, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin i dr. // Sbornik statej II mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii «Perspektivnye napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa» - Penza, 2009 – S. 111-113.
10. Raschet transportno – proizvodstvennyh processov i sistem – Uchebnoe posobie k prakticheskim zanyatiyam po discipline «Perevozka gruzov s.h. naznacheniya» – KGAU. – Krasnodar, 2013. – 37 s.
11. Maslov G.G., Priporov E.V., Palapin A.V. Razrabotka operacionnyh tekhnologij vypolneniya sel'skohozyajstvennyh mekhanizirovannyh rabot (metodicheskie rekomendacii) – KGAU. – Krasnodar, 2008.
12. Zangiev A. A. Proizvodstvennaya ekspluataciya mashinno-traktornogo parka / A. A. Zangiev, G. P. Lyshko, A. N. Skorohodov. - M.: Kolos, 1996. - 320 s.

13. Zangiev A.A. Ekspluataciya mashinno-traktornogo parka / A. A. Zangiev, A. V. SHpil'ko, A. G. Levshin. - M.: KolosS, 2004. - 320 s.

14. Berenshtejn I.B. Vnutrihozyajstvennaya i mezhdugorodnaya transportirovka plodov / I.B. Berenshtejn // Trudy VNII sad. im. I.V. Michurina, Vyp. 17. – Michurinsk, 1973. – S. 263-270.

15. Bilibina, N.F. Raschet ekonomicheskoj effektivnosti vnedreniya novoj tekhniki na avtomobil'nom transporte. M.: Transport 1989, 233s.

16. Bulatov E.P. Osobennosti perevozki sel'skohozyajstvennoj produkcii v kuzove avtotransportnyh sredstv / E.P. Bulatov, G.D. Kokorev, G.K. Rembalovich, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin i dr. // Problemy kachestva i ekspluatacii avtotransportnyh sredstv. CHast' 2. Materialy VI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. g. Penza . 18-20 maya 2010 goda, s. 22-27.

17. Vedenyapin, G.V. Obshchaya metodika eksperimental'nogo issledovaniya i obrabotki opytnyh dannyh / G.V. Vedenyapin - M.: Kolos, 1987. - 159 s.

18. Vasilenko, P.M. Elementy metodiki matematicheskoj obrabotki rezul'tatov eksperimental'nyh issledovanij / P.M. Vasilenko - M.: 1958. - 217 s.

УДК 631.367 **DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.018**

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕРМЕТИЧНОГО ВКЛАДЫША МЯГКОГО КОНТЕЙНЕРА ПРИ ХРАНЕНИИ КОМБИКОРМА В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

ЧЕРНЫШЕВ Алексей Дмитриевич, *соискатель кафедры технологии металлов и ремонта машин, AA777AA62@yandex.ru*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Проблема и цель. *На протяжении многих лет перед человечеством встает вопрос о выборе правильных способов длительного хранения зерновых культур, используемых в животноводстве. Это относится и к хранению комбинированных кормов. Был разработан способ упаковки комбинированных кормов в среде углекислого газа. Цель – ограничение взаимодействия комбикорма с атмосферным воздухом.*

Методология. *Загрузку комбикорма в мягкий контейнер с вкладышем осуществляют с помощью устройства для затаривания комбикорма. Мягкий контейнер устанавливают в кассету, стенки которой закрывают и фиксируют с помощью замков. Комбикорм загружают с одновременной подачей углекислого газа иглой-инъектором, по мере загрузки мягкого контейнера комбикормом иглу-инъектор направляют в различные части контейнера с целью равномерного распределения углекислого газа внутри контейнера. Благодаря значительной молярной массе углекислого газа происходит вытеснение воздуха, в том числе и кислорода, из загружаемого контейнера. Для уменьшения окисления комбикорма осуществляют сжатие контейнера снизу при помощи пневматических домкратов, смонтированных на днище кассеты. Кассету выкатывают из устройства загрузки, открывают ее стенки и с помощью погрузчика контейнер с комбикормом на поддоне извлекают, транспортируя к месту хранения.*

Результаты. *На процесс диффузии углекислого газа влияет также давление внутри и снаружи герметичного контейнера, однако время хранения имеет небольшую значимость. Толщина пленки напрямую влияет на способность удерживать давление комбикорма, возникающее при сжатии мягкого контейнера пневматическими домкратами. Наибольшие напряжения обычно возникают в местах изгиба, когда радиус кривизны уменьшается. Такие зоны расположены по ребрам контейнера и особенно в углах.*

Заключение. *Моделирование параметров пленки позволило установить, что для обеспечения необходимой прочности следует применять полиэтиленовую пленку ГОСТ 16338-85 толщиной 150 мкм.*

Ключевые слова: *комбикорм, хранение в среде углекислого газа, мягкий контейнер, прочность герметичного вкладыша, диффузия углекислого газа.*

Введение

Корма всегда были и остаются острой проблемой для животноводства, они определяют ценовую политику на мясную, молочную и рыбную продукцию. На протяжении многих лет перед человечеством встает вопрос по выбору правильных способов длительного хранения зерновых культур, используемых в животноводстве. Это относится и

© Чернышев А. Д., 2021 г.

к хранению комбинированных кормов.

В первую очередь стоит заметить, что к комбинированным кормам относят как зерно злаковых и бобовых культур, отходы производства (отруби, жмыхи, шроты), высушенные остатки крахмального, свекольно-сахарного и бродильного производств, так и комбинированные корма промышленного производства.

Комбинированные корма составляют основу рациона в свиноводстве (до 70 % рациона) и птицеводстве (до 90 % рациона) и служат дополнительным кормом в других отраслях животноводства и птицеводства [1].

Объекты и методы исследования

В Рязанском агротехнологическом университете был разработан способ упаковки комбинированных кормов в среде углекислого газа. Способ предполагает затаривание комбикорма в мягкие контейнеры типа Биг-Бэг с одновременным заполнением Биг-Бэга углекислым газом. Молекулярная масса углекислого газа составляет 44 единицы, кислорода – 32 единицы [2], в результате чего все газы воздушной среды, в том числе кислород, вытесняются из контейнера. В то же время углекислый газ может вступать в реакцию со свободной водой комбикорма внутри мягкого контейнера, в результате чего образуется угольная кислота. Взаимодействие угольной кислоты с белками и жирами комбикорма приводит к снижению его кормовой ценности [3]. С целью ограничения взаимодействия с углекислым газом его излишки удаляют путем сжатия мягкого контейнера с последующей его герметизацией. Для осуществления этого процесса было разработано устройство упаковки сельскохозяйственных продуктов (рис. 1).

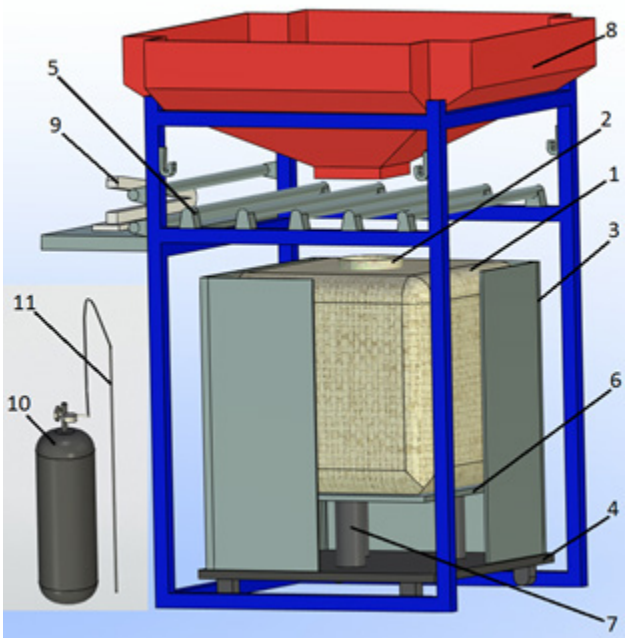


Рис. 1 – Устройство для затаривания и хранения комбинированных кормов с среде углекислого газа

Устройство состоит из рамы (на рисунке не показана), на которой закреплен загрузочный бункер 8. Под загрузочным бункером установлена кассета 3, представляющая грузовую платформу 4, у которой стенки жестко попарно закреплены и соединены друг с другом шарнирно, а над кассетой установлены вальцы 5, образующие опорную поверхность. Мягкий контейнер 1 со вкладышем 2 вставляется в кассету и закрепляется стропами на четырех крючках на раме. Грузовая платформа оборудована подвижным днищем 6, причем ее подъем осуществляется пневматическими баллонами 7. Устройство содержит загрузочный бункер 8 и запаечный аппарат 9. Устройство снабжено газобаллонной установкой 10 с иглой-инъектором 11.

Перед загрузкой комбикорма мягкий контейнер с вкладышем устанавливают в кассету и подвешивают на крючке рамы. При необходимости кассета с грузовой платформой может выкатываться из устройства. После установки контейнера стенки кассеты закрывают и фиксируют друг с другом с помощью замков. Горловину вкладыша просовывают между вальцами 5 к загрузочной горловине бункера 8. Комбикорм загружают с одновременной подачей углекислого газа иглой-инъектором, по мере загрузки мягкого контейнера комбикормом иглу-инъектор направляют в различные части контейнера с целью равномерного распределения углекислого газа внутри контейнера.

Благодаря значительной молярной массе углекислого газа происходит вытеснение воздуха, в том числе и кислорода, из загружаемого контейнера. Для уменьшения окисления комбикорма кислородом, содержащимся в углекислом газе, горловину вкладыша закладывают под опорные вальцы, направляя к запаечному устройству и сжимают контейнер 1 со вкладышем 2 в кассете 3. Сжатие контейнера осуществляют снизу при помощи пневматических домкратов, смонтированных на днище кассеты. Сжав контейнер с комбикормом и вытеснив излишки углекислого газа из контейнера, герметичный вкладыш запаивают с помощью аппарата 9. После запайки пневматические домкраты спускают, и комбикорм за счет упругости несколько увеличивается в объёме, обеспечивая разрежение во вкладыше [4]. Кассету выкатывают из устройства загрузки, открывают ее стенки, и с помощью погрузчика контейнер с комбикормом на поддоне извлекают, транспортируя к месту хранения. Цикл загрузки мягких контейнеров с комбикормом для хранения в среде углекислого газа повторяется.

При использовании мягких контейнеров возможна диффузия углекислого газа через пленку мягкого контейнера в атмосферу и наоборот [5]. Проницаемость различных пленок для газов при 30 ^{0}С представлена в таблице.

Можно определить начальную и конечную массу газовой среды, а также величину давления Рхр внутри герметичного мягкого контейнера.

$$Pxp = \frac{m_{газ.см.} \cdot R \cdot T \cdot 100\%}{Vk \cdot S \cdot Mcp}, \qquad (1)$$

где mгаз.см – масса газовой среды внутри герметичного мягкого контейнера, кг;

$P_{хр}$ – давление газовой среды внутри герметичного мягкого контейнера, МПа;

S – скважистость комбикорма, %;

V_k – объем герметичного мягкого контейнера с комбикормом, м³;

T – температура газовой среды, К.

$M_{ср}$ – молярная масса газовой смеси;

R – универсальная газовая постоянная, $\frac{Дж}{Моль \cdot К}$.

Таблица – Проницаемость различных пленок для газов при 30 ⁰С

	Газопроницаемость при 30 ° С Р·10⁹, см³/см²·сек·мм·см рт.ст.		
	азот	кислород	углекислый газ
Полиэтилен высокого давления	19	55	252
Полиэтилен низкого давления	2,7	10,6	35,2
Полиэтилентерефталтат (майлар)	0,05	0,22	1,59
Полихлорифторэтилен	0,03	0,10	0,72
Поливинилхлорид	0,40	1,2	10
Поливинилидехлорид	0,0094	0,053	0,29
Полиамид (нейлон 6)	0,10	0,38	1,6
Полистирол	2,9	11,0	88

В мягком контейнере вследствие проницаемости пленки количество углекислоты может уменьшаться, при этом скорость убывания углекислого газа зависит от первоначального содержания углекислоты и времени хранения.

$$\frac{dV}{dt} = -KV \quad , \qquad (2)$$

где: V – объем CO_2 в контейнере;

К – коэффициент пропорциональности, зависящий от толщины и свойств пленки;

t – время.

Разделив переменные и проинтегрировав их, получим

$$\ln V = -Kt + C \, . \qquad (3)$$

Протенцировав полученное выражение, имеем

$$V = e^{-Kt+C} \, . \qquad (4)$$

Положим начальные условия: t = 0, V = V_0, тогда

$$V_0 = e^{C} \, . \qquad (5)$$

Определим постоянную интегрирования, при этом окончательный объём углекислого газа в контейнере будет определяться по формуле

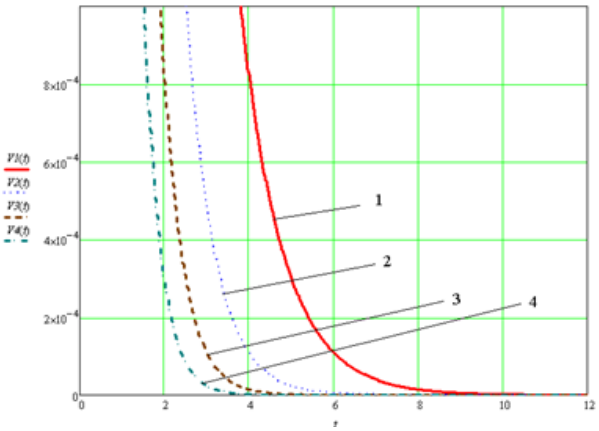
$$V = V_0 e^{-Kt} \, . \qquad (6)$$

Результаты исследований

Используя формулу 6, рассчитаем степень диффузии газа сквозь мягкий вкладыш при помощи программы Mathcad.

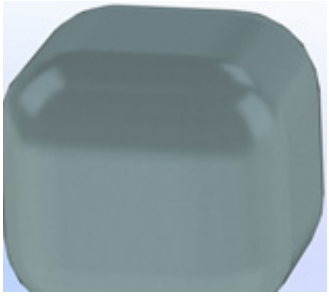
Анализ изменения содержания углекислого газа от времени хранения комбикорма в герметичном контейнере показывает, что толщина и материал пленки оказывают значительное влияние на процесс диффузии углекислого газа через полиэтиленовую пленку вкладыша. На процесс диффузии углекислого газа также влияет давление внутри и снаружи герметичного контейнера, однако время хранения имеет небольшое значение. В то же время можно видеть, что используются незначительные объемы углекислого газа, не превышающие нескольких литров; таким образом, диффузия не оказывает существенного влияния на сохранность комбикорма.

Общий вид вкладыша мягкого контейнера по-



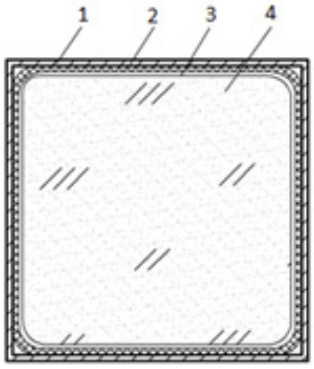
Для кривой 1 коэффициент пропорциональности К, зависящий от толщины и свойств пленки, K_1= 1; для кривой 2 – K_2= 1,5; для кривой 3 – K_3= 2; для кривой 4 – K_4= 2,5

Рис. 2 – График изменения содержания углекислого газа от времени хранения комбикорма в герметичном контейнере для различных пленок



а)

Рис-3



б)

а – вид вкладыша, заполненного комбикормом при сжатии; б – поперечный разрез мягкого контейнера для затаривания комбикорма

1 – стенки кассеты; 2 – мягкий контейнер типа Биг-Бэг; 3 – полиэтиленовый вкладыш; 4 – комбикорм;

Рис.3 – Общий вид вкладыша мягкого контейнера, заполненного комбикормом при сжатии

При сжатии контейнера с комбикормом пневматическими домкратами в пленке вкладыша возникают напряжения. Наибольшая величина напряжений будет в местах изгиба полиэтиленовой пленки. Рассмотрим оболочку как элемент dA цилиндра, который находится под давлением комбикорма $P_{ком}$ и внешним давлением $P_{внеш}$ мягкого контейнера [6].

$$Pz = p\iint_{A_1} \cos\varphi dA \qquad (7)$$

где φ – угол между перпендикуляром к поверхности пленки в месте ее изгиба и осью oz,

p – удельное давление комбикорма на пленку,

Pz – перпендикуляр давления пленки на ось oz.

При этом проекция dA_1 на плоскость XOY по площади будет равна dA•cosφ (рис. 4).

На радиусную поверхность А мягкого контейнера (рис. 5 а) со стороны комбикорма действует давление $P_{ком}$, формируя внутренние напряжения пленки [7].

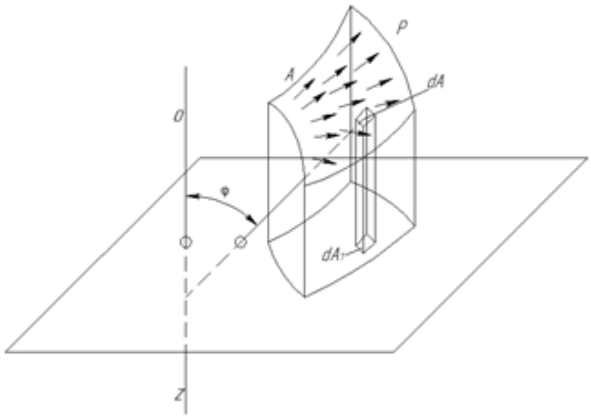


Рис. 4 – Схема для расчета вертикальной составляющей усилия от равномерно распределенной нагрузки на наклонный элемент оболочки

Исходя из формулы 7 и проекции поверхности dA_1, получаем:

$$Pz = p\iint_{A_1} dA_1 \qquad (8)$$

При определении проекции равнодействующей сил давления на ось oz, расположенной под углом φ, отобразим проекцию распределенной силы на плоскость XOY [10]. Давление на поверхность пленки равно:

$$\Delta P = \pi r^2 (P_{ком} - P_{внеш}), \qquad (9)$$

где $P_{ком}$ – давление комбикорма; $P_{внеш}$ – внешнее давление на оболочку.

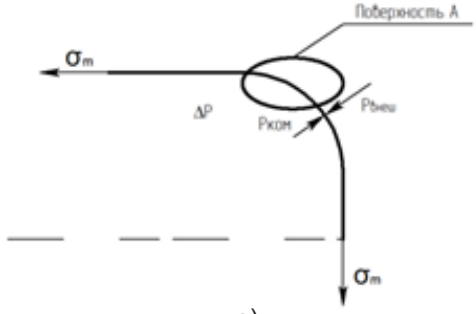
Рассмотрим отсеченную часть цилиндрической поверхности и определим условие ее равновесия для элемента поверхности А (рис. 5 б):

$$\sigma_m 2\pi r h = \Delta P \qquad (10)$$

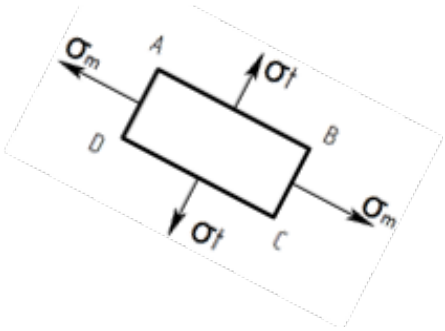
σ_m – меридиональное напряжение оболочки; h – толщина оболочки; ΔP – давление на поверхность пленки; r – средний радиус кривизны пленки.

Наибольшее напряжение возникает в углах мягкого контейнера, поэтому радиус кривизны оболочки можно записать в виде $r = \rho_m = \rho_t$.

Так как оболочка (полиэтиленовая пленка) имеет небольшую толщину, применим к элементу оболочки допущение о безмоментном характере нагружения этой оболочки [8], тогда на оболочку будут действовать равномерно распределённое давление комбикорма, с одной стороны, и внешнее давление, с другой. В этом случае напряжение, приложенное к элементарной поверхности ABCD, представлено на рисунке 5 б [9].



а)



в)

а – равновесие элемента оболочки; б – элементарная поверхность с приложенными напряжениями

Рис. 5 – Цилиндрический элемент оболочки в условиях внешнего напряжения нагрузкой

Приравняв выражения из формул (9) и (10), получаем:

$$\sigma_m 2\pi Rh = \pi R^2(P_{ком} - P_{внеш}). \quad (11)$$

Упростив формулу (11), получим:

$$\sigma_m 2h = R(P_{ком} - P_{внеш}). \quad (12)$$

Тогда меридиональное напряжение σ_m равно:

$$\sigma_m = \frac{R(P_{ком} - P_{внеш})}{2h}. \quad (13)$$

Из уравнения Лапласа [11]:

$$\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{p}{h} \quad (14)$$

где ρ_m – радиус искривления пленки в меридианом направлении;

σ_t – окружное напряжение;

ρ_t – радиус искривления пленки в тангенциальном направлении;

P – давление;

h – толщина пленки.

Окружное напряжение σ_t в полиэтиленовой пленке будет равно:

$$\sigma_t = \frac{r\ (P_{ком} - P_{внеш})}{h}. \quad (15)$$

Основываясь на вышеприведенных формулах (13),(15), можно сделать вывод о том, что тангенциальное напряжение полиэтиленовой пленки σ_t вдвое больше меридионального σ_m [12]. При этом на фрагмент поверхности ABCD, находящийся на радиальной поверхности полиэтиленовой пленки (рис. 5), действуют только напряжения σ_t и σ_m:

$\sigma_1=\sigma_t$; $\sigma_2=\sigma_m$; $\sigma_3=0$.

При использовании полиэтиленовой пленки ее можно отнести к тонкостенному материалу, в котором составляющие сил напряжения σm и σt значительно больше, чем перпендикулярная составляющая силы внутреннего давления p, при этом значением силы σ_3 можно пренебречь или считать ее равной нулю. Согласно теории Мора [13], коэффициент k при рассмотрении радиальной составляющей оболочки из полиэтиленовой пленки, влияющий на эквивалентное напряжение, определяет это напряжение по формуле:

$$\sigma_{экв} = \sigma_1 - K\sigma_3 = \frac{R(P_{ком} - P_{внеш})}{h} \quad (16)$$

где К – разница предела текучести при растяжении и при сжатии, исходя из теории Мора (круги Мора, если материал при растяжении и сжатии имеет одинаковые пределы текучести К=1) [14].

Используя коэффициент надежности n, можно найти максимальное напряжение полиэтиленовой пленки:

$$\sigma_{max} = n \cdot \frac{R\cdot(P_{ком} - P_{внеш})}{h} \le [\sigma] \quad (17)$$

Исходя из формулы 17, характеристику и параметры полиэтиленовой пленки можно определить по величине внутреннего давления со стороны комбикорма на стенки контейнера, с учетом необходимого давления со стороны комбикорма, при этом опираясь на значения коэффициента надежности n и допускаемого напряжения [σ] [15,16], толщину пленки можно определить по формуле:

$$h = n \cdot \frac{R\cdot(P_{ком} - P_{внеш})}{[\sigma]} \quad (18)$$

Толщина пленки напрямую влияет на способность удерживать давление комбикорма, возникающее при сжатии мягкого контейнера пневматическими домкратами [17, 18]. При определенном давлении комбикорма применяется своя толщина полиэтиленовой пленки, рассчитываемая по формуле 18. Распределение внутренних напряжений, возникающих внутри мягкого контейнера при его сжатии, изображено на рисунке 6.

Следовательно, при сжатии мягкого контейнера с комбикормом возникают внутренние напряжения полиэтиленовой пленки, и существует вероятность её разрыва. Применение формулы 18 позволяет правильно подобрать толщину пленки для упаковки комбикорма [19, 20].

Для оценки максимальных напряжений в полиэтиленовой пленке вкладыша применялась программа T-Flex CAD технологии 3D моделирования. При сжатии мягкого контейнера с комбикормом внутри кассеты загрузочного устройства возникают дополнительные напряжения в полиэтиленовой пленке. Наибольшие напряжения обычно возникают в местах изгиба, когда радиус кривизны уменьшается. Такие зоны расположены по ребрам контейнера и особенно в углах. Моделирование показало, что величина возникающих напряжений в зонах наибольшей нагрузки не превышает предела текучести полиэтиленовой пленки σ=100-110 МПа (рис. 6). Моделирование параметров пленки позволило установить, что для обеспечения необходимой прочности следует применять полиэтиленовую пленку ГОСТ 16338-85 толщиной 150 мкм. Также установлено, что швы полиэтиленового вкладыша не следует располагать в углах и на ребрах мягкого контейнера.

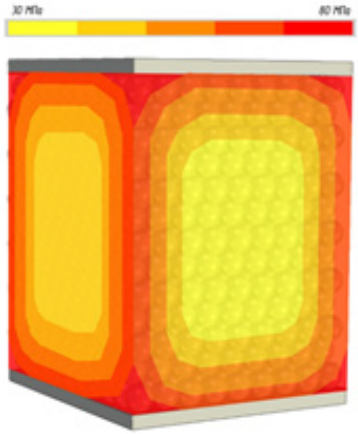


Рис. 6 – Схема распределения напряжений, возникающих в полиэтиленовой пленке вкладыша при сжатии мягкого контейнера

Заключение

Хранение комбикорма в среде углекислого газа позволяет повысить длительность хранения

комбикорма за счет снижения интенсивности окисления жиров и белков, входящих в состав комбикорма. Для повышения эффективности хранения комбикорма следует уточнить параметры герметичного вкладыша мягкого контейнера. Установлено, что скорость диффузии углекислого газа зависит от первоначального содержания углекислоты и времени хранения. В то же время мы имеем дело с незначительными объемами углекислого газа, не превышающими нескольких литров; таким образом, диффузия не оказывает существенного влияния на сохранность комбикорма. Оценка максимальной напряжённости полиэтиленовой пленки для хранения комбикорма показала, что величина возникающих напряжений в зонах наибольшей нагрузки не превышает предела текучести полиэтиленовой пленки σ=100-110 МПа. Моделирование параметров пленки позволило установить, что для обеспечения необходимой прочности следует применять полиэтиленовую пленку ГОСТ 16338-85 толщиной 150 мкм.

Список литературы

1, Михалев, С. С. Кормопроизводство с основами земледелия [Текст]: учебник для студентов средних специальных учебных заведений по специальности 111101 "Зоотехния" / С. С. Михалев, Н. Ф. Хохлов, Н. Н. Лазарев. - 2-е изд. - Москва : ИНФРА-М, 2015. – 351с. https://search.rsl.ru/ru/record/01007571203

2. Камышов, В. М. Строение вещества : учебное пособие / В. М. Камышов, Е. Г. Мирошникова, В. П. Татауров. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 236 с. https://www.labirint.ru/books/561145/

3. Биохимия : учебное пособие для студентов факультета высшего сестринского образования, обучающихся по специальности 060109-сестринское дело / [Ф. Н. Гильмиярова и др.] ; под ред. Ф. Н. Гильмияровой ; М-во образования и науки РФ, М-во здравоохранения и социального развития РФ, ГОУ ВПО "Самарский гос. мед. ун-т Росздрава". - Самара : ОФОРТ, 2008. - 340, [12] с. https://search.rsl.ru/ru/record/01004081978

4. Егоров, В. В. Неорганическая и аналитическая химия. Аналитическая химия [Текст] : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки (специальности) "Ветеринария" (квалификация (степень) "специалист") / В. В. Егоров, Н. И. Воробьева, И. Г. Сильвестрова. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014. - 142 с https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26349586

5. Попов, П. В. Диффузия.: учебно-методическое пособие по курсу Общая физика / П. В. Попов. — М.: МФТИ, 2016. — 94 с. https://mipt.ru/education/chair/physics/S_II/method/diff_full.pdf

6. Цифровизация агропромышленного комплекса [Электронный ресурс] = Digitalization of agroindustrial complex : I Международная научно-практическая конференция, Тамбов, 10-12 октября 2018 г. : сборник научных статей : научное электронное издание : [в 2-х томах] / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тамбовский государственный технический университет" [и др.] ; [ответственный редактор: Муромцев Д. Ю.]. - Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО "ТГТУ", 2018. - 12 см.; ISBN 978-5-8265-1944-8 https://search.rsl.ru/ru/record/01009959160

7. Новые полимерные композиционные материалы : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, (3-9 июня 2007 г., г. Нальчик) / [редкол.: Лигидов М. Х. (отв. ред.) и др.]. - Нальчик : Кабардино-Балкарский гос. ун-т, 2007. - 226 с. https://search.rsl.ru/ru/record/01003193262

8. Замалеев, З. Х. Основы гидравлики и теплотехники [Электронный ресурс] : учебное для студентов ВПО, обучающихся по программе бакалавриата по направлению подготовки 270800 "Строительство" / З. Х. Замалеев, В. Н. Посохин, В. М. Чефанов ; под общ. ред. В. Н. Посохина. - Москва : Изд-во АСВ, 2014. - 431 с. https://search.rsl.ru/ru/record/02000009059

9. Блочно-вакуумное уплотнение и хранение силоса в мягких вакуммированных блоках из синтетических пленок // Некрашевич В. Ф., Ревич Я.Л., Антоненко Н.А., Некрашевич К.С. // ВЕСТНИК РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. П.А. КОСТЫЧЕВА, – 2015. – № 2(26), стр. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24832629

10. Осипенко, С.А. Элементы высшей математики: учебное пособие: [16+] / С.А. Осипенко. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 202 с. https://www.chitai-gorod.ru/catalog/book/1239873/

11. Атапин, В. Г. Сопротивление материалов. Практикум : учебное пособие для вузов / В. Г. Атапин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 218 с. https://urait.ru/book/soprotivlenie-materialov-praktikum-472053

12. Формирование системы сбыта сельскохозяйственной продукции [Текст] : монография / [В. И. Гайдук, Е. Н. Белкина, С. А. Калитко и др.] ; Министерство сельского хозяйства РФ, ФГБОУ ВО "Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина". - Краснодар : КубГАУ, 2017. - 159 с. https://search.rsl.ru/ru/record/01009435755

13. Валишвили, Н. В. Сопротивление материалов и конструкций: учебник для вузов / Н. В. Валишвили, С. С. Гаврюшин. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 429 с. https://urait.ru/book/soprotivlenie-materialov-i-konstrukciy-394059

14. Кривошапко, С. Н. Сопротивление материалов : учебник и практикум для вузов / С. Н. Кривошапко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 397 с. https://urait.ru/book/soprotivlenie-materialov-449918

15. Асадулина, Е. Ю. Техническая механика: сопротивление материалов : учебное пособие / Е. Ю. Асадулина ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Челябинский гос. пед. ун-т (ФГБОУВПО "ЧГПУ"). - Челябинск : Изд-во Челябинского гос. пед. ун-та, 2011. - 284 с. https://search.rsl.ru/ru/record/01005397376

16. Атапин, В. Г. Сопротивление материалов: учебник и практикум для вузов / В. Г. Атапин. —

2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 342 с. https://urait.ru/book/soprotivlenie-materialov-450626

17. Blom H., Segers E., Knoors H., Hermans D., Verhoeven L. Comprehension and navigation o fnet worked hypertexts //Journal of Computer Assisted Learning. – 2018. – Vol.34 (3). – P.306–314. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.12243

18. Ackerman R., Lauterman T. Takingread ingcompreh ensionexam son screenoronpaper? Ametacognitive analysis of learning text sundertim epressure//Computersin Human Behavior.–2012.–Vol.28(5).–P.1816–1828.DOI:https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.04.023

19. Marchand, G., Gardette, M., Nguyen, K., Amano, V., Neesham-Grenon, E., Debia, M. (2017). Assessment of Workers' Exposure to Grain Dust and Bioaerosols During the Loading of Vessels' Hold: An Example at a Port in the Province of Québec. Annals of Work Exposures and Health, 61 (7), 836–843. doi: https://doi.org/10.1093/annweh/wxx045

20. W.H. Kim, H.S. Lillehoj, Animal Feed Science and Technology 250, 41-50 (2019) DOI: https://10.1016/j.anifeedsci.2018.09.016

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE SEALED INSERT OF A SOFT CONTAINER DURING STORAGE OF THE FOOD IN THE MEDIUM OF CARBON GAS

Chernyshev Alexey D., *Applicant for the Department of Metal Technology and Machine Repair, AA777AA62@yandex.ru Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva*

Problem and purpose. *For many years, mankind has been faced with the question of choosing the right methods for long-term storage of grain crops used in animal husbandry. This also applies to the storage of compound feed. A method has been developed for packaging combined feed in a carbon dioxide environment. The goal is to limit the interaction of compound feed with atmospheric air.*

Methodology. *The feed is loaded into a soft container with an insert using a feed filling device. The soft container is installed in a cassette, the walls of which are closed and fixed to each other with locks. The compound feed is loaded with the simultaneous supply of carbon dioxide by the needle-injector; as the soft container is loaded with compound feed, the needle-injector is directed to various parts of the container in order to evenly distribute carbon dioxide inside the container. Due to the significant molar mass of carbon dioxide, air, including oxygen, is displaced from the loaded container. To reduce the oxidation of the compound feed, the container is compressed from the bottom using pneumatic jacks mounted on the bottom of the cassette. The cassette is rolled out of the loading device, its walls are opened and, using a loader, the container with the compound feed on the pallet is removed and transported to the storage location.*

Results. *The carbon dioxide diffusion process is also pressured inside and outside the sealed container, but storage time is of little importance. Film thickness directly affects the ability to hold the feed pressure that occurs when the flexible container is compressed with pneumatic jacks. The greatest stresses usually occur at bending points when the radius of curvature decreases. Such areas are located along the edges of the container and especially in the corners.*

Conclusion. *Modeling the parameters of the film made it possible to establish that to ensure the required strength, a polyethylene film GOST 16338-85 with a thickness of 150 μm should be used.*

Key words: *compound feed, storage in a carbon dioxide environment, soft container, strength of a sealed liner, carbon dioxide diffusion.*

Literatura

1.Mihalev, S.S. Kormoproizvodstvo s osnovami zemledeliya [Tekst]: uchebnik dlya studentov srednih special'nyh uchebnyh zavedenij po special'nosti 111101 "Zootekhniya" / S. S. Mihalev, N. F. Hohlov, N. N. Lazarev. - 2-e izd. - Moskva : INFRA-M, 2015. – 351s. https://search.rsl.ru/ru/record/01007571203

2. Kamyshov, V. M. Stroenie veshchestva : uchebnoe posobie / V. M. Kamyshov, E. G. Miroshnikova, V. P. Tataurov. — 2-e izd., ispr. i dop. — Sankt-Peterburg : Lan', 2017. — 236 s. https://www.labirint.ru/books/561145/

3. Biohimiya : uchebnoe posobie dlya studentov fakul'teta vysshego sestrinskogo obrazovaniya, obuchayushchihsya po special'nosti 060109-sestrinskoe delo / [F. N. Gil'miyarova i dr.] ; pod red. F. N. Gil'miyarovoj ; M-vo obrazovaniya i nauki RF, M-vo zdravoohraneniya i social'nogo razvitiya RF, GOU VPO "Samarskij gos. med. un-t Roszdrava". - Samara : OFORT, 2008. - 340, [12] s. https://search.rsl.ru/ru/record/01004081978

4. Egorov, V.V. Neorganicheskaya i analiticheskaya himiya. Analiticheskaya himiya [Tekst] : uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchihsya po napravleniyu podgotovki (special'nosti) "Veterinariya" (kvalifikaciya (stepen') "specialist") / V. V. Egorov, N. I. Vorob'eva, I. G. Sil'vestrova. - Sankt-Peterburg [i dr.] : Lan', 2014. - 142 s https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26349586

5. Popov, P. V. Diffuziya.: uchebno-metodicheskoe posobie po kursu Obshchaya fizika / P. V. Popov. — M.: MFTI, 2016. — 94 s. https://mipt.ru/education/chair/physics/S_II/method/diff_full.pdf

6. Cifrovizaciya agropromyshlennogo kompleksa [Elektronnyj resurs] = Digitalization of agroindustrial complex : I Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Tambov, 10-12 oktyabrya 2018 g. : sbornik nauchnyh statej : nauchnoe elektronnoe izdanie : [v 2-h tomah] / Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii, Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Tambovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet" [i dr.] ; [otvetstvennyj redaktor: Muromcev

D. YU.]. - Tambov : Izdatel'skij centr FGBOU VO "TGTU", 2018. - 12 sm.; ISBN 978-5-8265-1944-8 https://search.rsl.ru/ru/record/01009959160

7. Novye polimernye kompozicionnye materialy : materialy III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, (3-9 iyunya 2007 g., g. Nal'chik) / [redkol.: Ligidov M. H. (otv. red.) i dr.]. - Nal'chik : Kabardino-Balkarskij gos. un-t, 2007. - 226 s. https://search.rsl.ru/ru/record/01003193262

8. Zamaleev, Zufar Harisovich Osnovy gidravliki i teplotekhniki [Elektronnyj resurs] : uchebnoe dlya studentov VPO, obuchayushchihsya po programme bakalavriata po napravleniyu podgotovki 270800 "Stroitel'stvo" / Z. H. Zamaleev, V. N. Posohin, V. M. CHefanov ; pod obshch. red. V. N. Posohina. - Moskva : Izd-vo ASV, 2014. - 431 s. https://search.rsl.ru/ru/record/02000009059

9. Blochno-vakuumnoe uplotnenie i hranenie silosa v myagkih vakummirovannyh blokah iz sinteticheskih plenok // Nekrashevich V. F., Revich YA.L., Antonenko N.A., Nekrashevich K.S. // VESTNIK RYAZANSKOGO GOSUDARSTVENNOGO AGROTEKHNOLOGICHESKOGO UNIVERSITETA IM. P.A. KOSTYCHEVA, – 2015. – № 2(26), str. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24832629

10. Osipenko, S.A. Elementy vysshej matematiki: uchebnoe posobie: [16+] / S.A. Osipenko. – Moskva; Berlin: Direkt-Media, 2020. – 202 s. https://www.chitai-gorod.ru/catalog/book/1239873/

11. Atapin, V. G. Soprotivlenie materialov. Praktikum : uchebnoe posobie dlya vuzov / V. G. Atapin. — 2-e izd., ispr. i dop. — Moskva : Izdatel'stvo YUrajt, 2020. — 218 s. https://urait.ru/book/soprotivlenie-materialov-praktikum-472053

12. Formirovanie sistemy sbyta sel'skohozyajstvennoj produkcii [Tekst] : monografiya / [V. I. Gajduk, E. N. Belkina, S. A. Kalitko i dr.] ; Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF, FGBOU VO "Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. I. T. Trubilina". - Krasnodar : KubGAU, 2017. - 159 s. https://search.rsl.ru/ru/record/01009435755

13. Valishvili, N. V. Soprotivlenie materialov i konstrukcij: uchebnik dlya vuzov / N. V. Valishvili, S. S. Gavryushin. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2020. — 429 s. https://urait.ru/book/soprotivlenie-materialov-i-konstrukciy-394059

14. Krivoshapko, S. N. Soprotivlenie materialov : uchebnik i praktikum dlya vuzov / S. N. Krivoshapko. — 2-e izd., pererab. i dop. — Moskva : Izdatel'stvo YUrajt, 2020. — 397 s. https://urait.ru/book/soprotivlenie-materialov-449918

15. Asadulina, E. Y.Tekhnicheskaya mekhanika: soprotivlenie materialov [Tekst] : uchebnoe posobie / E. YU. Asadulina ; M-vo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii, Federal'noe gos. byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vyssh. prof. obrazovaniya CHelyabinskij gos. ped. un-t (FGBOUVPO "CHGPU"). - CHelyabinsk : Izd-vo CHelyabinskogo gos. ped. un-ta, 2011. - 284 s. https://search.rsl.ru/ru/record/01005397376

16. Atapin, V. G. Soprotivlenie materialov: uchebnik i praktikum dlya vuzov / V. G. Atapin. — 2-e izd., pererab. i dop. — Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2021. — 342 s. https://urait.ru/book/soprotivlenie-materialov-450626

17. Blom H., Segers E., Knoors H., Hermans D., Verhoeven L. Comprehension and navigation o fnet worked hypertexts //Journal of Computer Assisted Learning. – 2018. – Vol.34 (3). – P.306–314. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.12243

18. Ackerman R., Lauterman T. Takingread ingcompreh ensionexam son screenoronpaper? Ametacognitive analysis of learning text sundertim epressure//Computersin Human Behavior.–2012.–Vol.28(5).–P.1816–1828. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.04.023

19. Marchand, G., Gardette, M., Nguyen, K., Amano, V., Neesham-Grenon, E., Debia, M. (2017). Assessment of Workers' Exposure to Grain Dust and Bioaerosols During the Loading of Vessels' Hold: An Example at a Port in the Province of Québec. Annals of Work Exposures and Health, 61 (7), 836–843. doi: https://doi.org/10.1093/annweh/wxx045

20. W.H. Kim, H.S. Lillehoj, Animal Feed Science and Technology 250, 41-50 (2019) DOI: https://10.1016/j.anifeedsci.2018.09.016

УДК 631.3

DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.019

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

ЧУРИЛОВ Дмитрий Геннадьевич, *канд. техн. наук, доцент кафедры технологии металлов и ремонта машин, churilov.dmitry@yandex.ru*

АРАПОВ Илья Сергеевич., *аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин, arapow.ilya@yandex.ru*

СТАРУНСКИЙ Андрей Васильевич *ст. препод. кафедры технологии металлов и ремонта машин, andreistarunskiy@mail.ru*

ПОЛИЩУК Светлана Дмитриевна*, д-р техн. наук, профессор кафедры селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии, svpolishuk@mail.ru*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Проблема и цель. *Установлено, что функциональное действие машин в значительной мере определяется параметрами качества их поверхностного слоя. Цель работы – обеспечение качества поверхностного слоя деталей одним из наиболее эффективных способов, обеспечивающих управление в широком диапазоне показателями качества обработки деталей поверхностным пластическим деформированием (ОУО ППД). Одни и те же параметры качества поверхностного слоя можно получить, используя различные методы и режимы ОУО ППД. Для их оценки необходимо определение трудоемкости операции. Следовательно, имеет место совокупность научно-технических задач, решение которых позволяет разработать методологию, алгоритм и программу выбора оптимального метода и условий ОУО ППД, обеспечивающих требуемые параметры качества поверхности при минимальной технологической себестоимости, что дает значительный экономический эффект.*

Методология. *Одним из способов обработки деталей при восстановлении служит алмазное выглаживание после процесса шлифования. Выглаживатель – кристаллический алмаз – перераспределят металл поверхностного слоя, при этом меняется микрорельеф. После алмазного выглаживания увеличивается надежность, долговечность деталей, износостойкость. Для достижения цели предлагается использование двухзвенных оправок, которые позволяют исключить биение обрабатываемой поверхности. Структурный эквивалент механизма близок к кривошипно-шатунному механизму, в отличие от которого радиус обрабатываемой детали распределяется по дуге. Изменения силы выглаживания устанавливают связь между статической силой и силой инерции. Статическую силу сглаживания можно определить, зная основные технологические параметры и процессы. Сила инерции зависит от массы подвижного звена оправки.*

Результаты. *Результаты настоящего исследования показали: к числу задаваемых параметров относятся масса подвижного звена оправки, диаметр детали, скорость скольжения, эксцентриситет, постоянная механизма и сила инерции. Найдены разрешенные частоты вращения в зависимости от диаметра детали.*

Заключение. *Данная методика может быть применена для восстановления рабочих поверхностей поршневых пальцев автотракторных дизельных двигателей сельскохозяйственного назначения и позволяет снизить уровень шероховатости поверхности обрабатываемых деталей.*

Ключевые слова: *выглаживание, выглаживатель, двухзвенная оправка, эксцентриситет, обрабатываемая поверхность, алмаз, технологическая оснастка.*

Введение

Как показывает анализ литературы, одни и те же параметры качества поверхностного слоя можно получить, используя различные методы и режимы ОУО ППД. Наиболее часто в качестве критериев выбора используются производительность и технологическая себестоимость. Для их оценки необходимо определение трудоемкости операции. В процессе ремонта сельскохозяйственной техники используются разные виды восстановления и материалы [1,2]. Алмазное выглаживание – одна из разновидностей обработки поверхностей деталей пластическим деформированием (ППД) при восстановлении. Выглаживание получает распространение благодаря простоте и доступности осуществления в условиях современного ремонтного производства [3,4,5].

Процессы упрочняющей обработки материалов, к которым относится процесс алмазного выглаживания поверхностей заготовок, наряду с другими видами механической обработки всегда сопровождаются выделением теплоты, что обусловлено преобразованием энергии пластической деформации материала в теплоту. Синтетические алмазы, используемые в ремонтном производстве, имеют большую шероховатость и коэффициент трения по металлам, чем алмазы природные. Для алмазного выглаживания различных материалов применяют наконечники стандартных размеров с радиусом от 0,5 до 1,5 мм; чем больше радиус, тем меньше твердость обрабатываемой детали. Если обработка производится при скоростях выглаживания, равных 400-600 м/мин, то температура в зоне деформации может достигать значений теплостойкости, а в поверхностном слое, соответственно, могут иметь место структур-

© Чурилов Д. Г., Арапов И. С., Старунский А. В., Полищук С. Д., 2021 г.

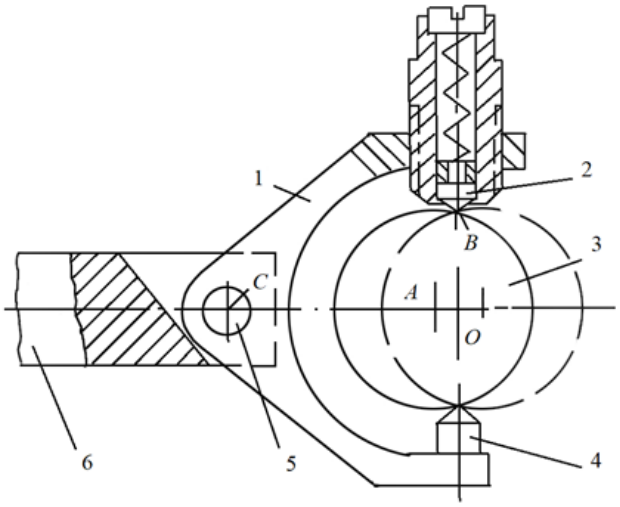
ные и фазовые превращения.

В отличие от лезвийного или абразивного инструмента выглаживатель только перераспределяет металл поверхностного слоя, не снимая его. Для этого необходимо при обработке создать определенную силу выглаживания Ру. В зоне контакта инструмента с деталью возникает напряжение, превышающее предел текучести материала детали.

Пластическое деформирование меняет микрорельеф поверхности, высоту и форму неровностей – остроконечные выступы, остающиеся после предшествующей обработки точением или шлифованием, преобразуются в неровности с пологой формой гребешков. Благодаря этому увеличивается один из главных факторов надежности и долговечности детали – величина опорной поверхности, способствующая увеличению износостойкости, т. к. нагрузка на деталь при работе распределяется на большую площадь опорной поверхности. Инструментом служит выглаживатель с закрепленным в нем кристаллом алмаза, имеющим огранку в виде участка сферы, цилиндра, конуса, тора. Операции выглаживания предшествует обычно тонкое точение или шлифование.

Обоснование использования двухзвенных оправок

Использование двухзвенных оправок дает возможность вести процесс выглаживания при значительном биении обрабатываемой поверхности, что позволяет исключить контроль этого параметра при установке детали на станке [6, 7]. Эффект повышения стабильности силы выглаживания основан на том, что значительная часть исходного биения поглощается движением подвижного звена оправки вместе с контуром обрабатываемой поверхности. Другая часть остаточного биения воспринимается подпружиненным выглаживателем, установленным на подвижном звене.



1 – скоба; 2 – выглаживатель; 3 – деталь; 4 – упор; 5 – шарнир; 6 – корпус
Рис. 1 – Схема двухзвенной оправки

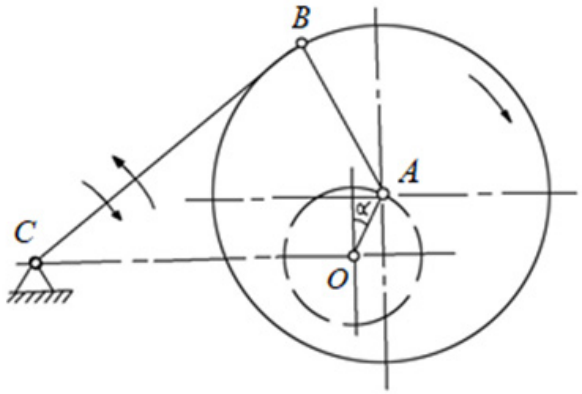
Оправка предлагаемой конструкции (рис. 1) состоит из неподвижного звена – корпуса 6, закрепляемого в резцедержателе токарного станка, и связанного с ним шарниром 5 подвижного звена в форме скобы 1. На скобе размещены выглаживатель 2 и упор 4. Скоба охватывает деталь 3, силовое воздействие на обрабатываемую поверхность детали создается выглаживателем в точке В контакта с помощью пружины, а с противоположной стороны – упором

Несовпадение геометрического центра А сечения детали с центром ее вращения О при обработке образует эксцентриситет. Из-за этого при вращении детали создается биение поверхности, которое служит источником качательного движения скобы на шарнире вокруг оси С.

Движение масс подвижного звена сопряжено с инерционными силами, искажающими установленную силу выглаживаиия. Поэтому возникает необходимость оценить степень их влияния и пределы отклонения результирующей силы выглаживания, чтобы гарантировать нужное качество обработки поверхности после проведения этой технологической операции.

Отклонения точки В скобы от исходного положения носят знакопеременный характер. Задача состоит в том, чтобы определить закон изменения нормальных ускорений этой точки выглаживателя за один оборот. Знание величин ускорения позволит определить силу инерции скобы оправки [8].

Структурный эквивалент механизма, образующегося из подвижного звена оправки и контактирующей с ним детали, по аналогии близок к шатунно-кривошипному механизму (рис. 2), в котором в этом случае кривошипом является эксцентриситет АО (АО = r), а шатуном - радиус обрабатываемой детали АВ (АВ = RД). Основное отличие состоит в том, что точка В шатуна движется не прямолинейно, как обычно, а по дуге окружности радиусом ВС (рис. 1).



АВ – радиус обрабатываемой детали; АО – эксцентриситет; С – ось качания подвижного звена
Рис. 2 – Схема структурного эквивалента двухзвенной оправки

Отмеченное сходство структурных эквивалентов открывает путь к упрощению поставленной задачи определения ускорений для различных положений механизма. Если допустить, что точка В

перемещается по вертикальной прямой, то можно отказаться от громоздкого графоаналитического метода нахождения ускорений и перейти к аналитическому. При этом используются известные зависимости, существующие для центрального шатунно-кривошипного механизма [9].

Зная общий характер зависимости ускорения от углового положения кривошипа, достаточно принять во внимание только экстремальные значения ускорения.

Статистика показывает, что биения, наблюдаемые при обработке деталей на токарных станках, на порядок меньше диаметра детали. Это означает, что постоянная механизма λ будет меньше 0,25, и график ускорений поэтому имеет две экстремальные точки.

Правомерность сделанного выше допущения подтверждается незначительным расхождением результатов определения ускорений, определенных графоаналитическим и аналитическим методами [10].

Следовательно, с достаточной точностью наибольшее из экстремальных значений ускорения может быть получено расчётным путём по формуле:

$$j = r\left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \cdot (1+\lambda) = r\left(\frac{V}{30 \cdot D_Д}\right) \cdot (1+\lambda), \qquad (1)$$

где j – ускорение точки скобы оправки, м/с²;
r – эксцентриситет детали, мм;
n – частота вращения детали, мин$^{-1}$;
λ – постоянная механизма;
V – скорость скольжения инструмента по детали, м/мин.

Значение величины постоянной механизма оправки определяется из соотношения:

$$\lambda = \frac{r}{R_Д}, \qquad (2)$$

где $R_Д$ – радиус детали, мм.

Характер изменения силы выглаживания от действия инерционных сил устанавливает связь между статической силой сглаживания и силой инерции (рис. 3), если задаться крайними значениями силы выглаживания, которые возникают при обработке – $P_{y\,max}$ и $P_{y\,min}$.

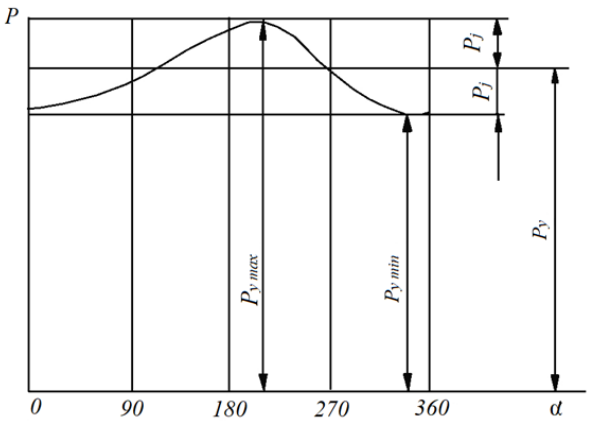


Рис. 3 – Характер изменения силы выглаживания при наложении инерционных сил

Статическая (устанавливаемая предварительной регулировкой пружины оправки) сила сглаживания на основании графика (рис.3) может быть определена как среднее арифметическое из выражения:

$$P_y = \frac{P_{ymax} + P_{ymin}}{2}$$

Статическую силу сглаживания можно также определить, зная основные технологические параметры процесса выглаживания:

$$P_y = \pi \cdot \varepsilon \cdot HV\left(\frac{D_Д \cdot R_И}{D_Д + R_И}\right)^2, \qquad (3)$$

где ε – относительная глубина внедрения алмаза в обрабатываемую поверхность, мм;
HV – твердость по Виккерсу;
$D_д$ – диаметр детали, мм;
$R_и$ – радиус сферы инструмента, мм.

Допускаемую силу инерции на основе известных технологических параметров устанавливаем по следующей формуле:

$$P_j = m \cdot j = m \cdot r \cdot \left(\frac{V}{30 D_Д}\right)^2 \cdot (1+\lambda) \qquad (4)$$

где m – масса подвижного звена оправки.

Формулы (3), (4) содержат все основные геометрические, кинематические, динамические, технологические параметры системы «приспособление-инструмент-деталь», отражающиеся на динамике процесса, что позволяет выбирать рациональные сочетания значений их для разных вариантов в зависимости от конкретных производственных условий [11].

К числу задаваемых параметров можно отнести массу подвижного звена оправки, диаметр детали, скорость скольжения; при известном диаметре детали определяются эксцентриситет, постоянная механизма и сила инерции.

Количественная оценка инерционности двухзвенной оправки выполнена применительно к выглаживанию поршневых пальцев автотракторных двигателей в установленном диапазоне диаметров пальцев 35-60 мм с твердость рабочей поверхности пальцев HRC 57-64.

Результаты и выводы

Синтетические алмазы, используемые в ремонтном производстве, имеют большую шероховатость и коэффициент трения по металлам, чем алмазы природные. Увеличенное тепловыделение в зоне контакта выглаживателя с деталью следует компенсировать умеренной скоростью скольжения [12]. Поэтому в расчетах она принята равной 100 м/мин, но на практике может достигать уровня 200-280 м/мин.

По этому значению скорости найдены разрешенные частоты вращения в зависимости от диаметра детали.

В качестве крайних значений результирующей силы выглаживания взяты величины P_{ymax} и P_{ymin}, обеспечивающие соответственно сглаживающе-

упрочняющий и сглаживающий режимы обработки. Силы выглаживания определены по формуле (3).

Для сглаживающе-упрочняющего режима ε=0,005, для сглаживающего режима ε=0,003. Радиус рабочей части алмаза принят равным 1,5 мм.

Силы выглаживания вычислены для ряда диаметров с учетом масштабного фактора и принятых режимов, затем по формуле (4) найдены допускаемые силы инерции.

По известной зависимости разрешенных эксцентриситетов от диаметра детали определены постоянные механизма; величины допускаемых ускорений определены при массе подвижного звена оправки, равной 0,8 кг, хотя возможности снижения движущихся масс в конструкции не исчерпаны [9].

Результаты расчетов представлены в таблице.

Таблица – Результаты расчетов

Показатели	Диаметр детали, мм			
	30	40	50	60
Разрешенная частота вращения, мин$^{-1}$	1062	795	638	530
Разрешенный эксцентриситет, мм	2,25	2,55	2,82	3,10
Постоянная механизма	0,150	0,128	0,113	0,103
Максимальное ускорение, м/с²	31,8	20,2	13,8	10,5
Допускаемая сила инерции, Н	45,1	46,4	47,6	49,0
Допускаемое ускорение, м/с²	17,3	17,8	18,3	18,8
Допускаемая частота вращения, мин$^{-1}$	780	750	728	707
Допускаемый эксцентриситет при разрешенной частоте вращения, мм	1,21	2,27	3,67	5,51

Практически ограничение по частоте вращения снимается тем, что согласно ГОСТ Р 53443-2009 разностенность в пальце не должна быть более 0,5 мм. Это означает, что возникающий при установке пальца в центрах станка эксцентриситет, равный половине разностенности, когда базовой является внутренняя поверхность, будет в шесть раз меньше допускаемого в самом неблагоприятном случае, когда диаметр пальца минимален и составляет 35 мм. В той же степени снизятся инерционные силы по сравнению с расчетными, сузится размах колебаний результирующей силы выглаживания.

Заключение

Таким образом, выглаживание рабочих поверхностей поршневых пальцев автотракторных дизельных двигателей сельскохозяйственного назначения с помощью двухзвенной оправки можно вести без ограничений разрешенной частоты вращения при скорости скольжения 100 м/мин. Инерционность оправки не сказывается на производительности процесса.

Методы финишной обработки, такие как шлифование, хонингование, доводка, создают необходимую форму деталей с заданной точностью, но часто не обеспечивают требуемого качества поверхности. В связи с этим применяются методы поверхностного пластического деформирования (ППД). Алмазное выглаживание является одним из представителей методов ППД и обладает существенными преимуществами перед другими методами. При выглаживании неровности поверхности, оставшиеся от предшествующей обработки, сглаживаются, поверхность приобретает зеркальный блеск, повышается твердость поверхностного слоя, изменяется микроструктура и создается направленная структура. Такое сочетание свойств выглаженной поверхности предопределяет ее высокие эксплуатационные качества: износостойкость, сопротивление усталости и т. д.

Список литературы

1. Чурилов, Д.Г. Промышленное использование хромирования при ремонте деталей сельскохозяйственной техники. / Д.Г. Чурилов, Ю.А. Стекольников, И.С. Арапов, А.В. Шемякин, К.П Андреев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. -2019.- Т. 4.- № 44. -С. 120-125. DOI: 10.36508/RSATU.2019.77.85.021

2. . Полищук, С.Д. Нанотехнологии и наноматериалы в сельскохозяйственной технике / С.Д. Полищук, Д.Г. Чурилов, В.В. Чурилова, И.С. Арапов // В сборнике: Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса материалы 69-ой Международной научно-практической конференции.- 2018.- С. 302-307. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36442143

3. .Чурилов, Д.Г. Комбинированный способ восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники типа "вал" с использованием легированных ферромагнитных порошков / Д.Г. Чурилов // Диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.03 / Мичуринский государственный аграрный университет. Мичуринск, 2014.- 158с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30399122

4. Горохова, М.Н. Восстановление и упрочнение деталей ферромагнитными порошками в магнитном поле: монография/ М.Н. Горохова, Д.Г. Чурилов, А.А. Горохов, Н.В. Симонова// Рязань: тираж 300 экз., Издательство РГАТУ.- 2012.- 162с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40935253

5. Рембалович, Г.К. Повышение надежности технических систем в сельском хозяйстве на основе оценки качества технического обслуживания, ремонта и диагностирования / Г.К. Рембалович, В. В. Акимов, А.О. Большаков, А. В. Старунский // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве:

Материалы 68-й МНПК 26-27 апреля 2017 года. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2017. – Часть 2. – С. 261-265. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29968430

6. Старунский, А.В. Теория и методика определения неуравновешенности вращающихся изделий / А.В. Старунский // Сб.: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2017. – С. 315-320. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29982888

7. Старунский, А.В. Технологические напряжения, возникающие в многослойном вкладыше подшипника скольжения коленчатого вала автотракторных ДВС / А.В. Старунский, Г.А. Борисов, А.И. Ковчик, А.Д. Чернышев // Технология металлов. – № 5. – 2013. – С.41-44. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18978011

8. Назаров, П.А. Исследование остаточных напряжений и смазочной среды на усталостную прочность восстановленных деталей мобильной энергетической и транспортной техники. /П.А. Назаров, А.В. Старунский // Сб.: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции 20 февраля 2020 г. Рецензируемое научное издание. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета, 2020. – С. 174-178. – Библиогр.: с. 176-178 (13 назв.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42809433

9. Короходкина, К. Г. Особенности метода обработки материалов алмазным выглаживанием / К. Г. Короходкина. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 39 (277). — С. 194-197. — URL: https://moluch.ru/archive/277/6257

10. Разуваев Е.И.Холодная пластическая деформация в процессах обработки металлов давлением / Разуваев Е.И., Капитаненко Д.В., Выдумкина С.В., Якушева Н.А. // Новости материаловедения. Наука и техника. 2014. № 2. С. 9. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21429047

11. Бондарев А.А. Опережающая пластическая деформация как способ повышения производительности обработки конструкционных групп материалов / Бондарев А.А., Отений Я.Н., Крайнев Д.В. // Современные материалы, техника и технологии. 2015. № 2 (2). С. 25-32. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24393313

12. Dudkina N.G. Development of inelastic deformation upon electromechanical treatment and surface plastic deformation of grade 45 steel / Dudkina N.G. // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2020. T. 49. № 2. C. 116-121. DOI: 10.3103/S1052618820020077

JUSTIFICATION OF APPLICATION MODES OF MACHINING ATTACHMENTS FOR PROCESSING PARTS BY THE METHOD OF PLASTIC DEFORMATION

***Churilov Dmitry G**., Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, churilov.dmitry@yandex.ru*

***Arapov I.S.,** Post-Graduate Student, Department of Metal Technology and Machine Repair, arapow.ilya@yandex.ru*

***Starunsky A.V.,** Senior Lecturer of the Department of Metal Technology and Machine Repair, andreistarunskiy@mail.ru*

***Polischuk Svetlana D.,** Doctor of Technical Science, Full Professor of the Department of Selection and Seed Production, Agrochemistry, Forestry and Ecology, svpolishuk@mail.ru*

Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev

***Problem and purpose**. Problem and purpose. It has been established that the functional action of machines is largely determined by the quality parameters of their surface layer. The purpose of the work is to ensure the quality of the surface layer of parts by one of the most effective methods that provides control over a wide range of quality indicators for processing parts by surface plastic deformation (SPD). The same parameters of the quality of the surface layer can be obtained using different methods and modes of SPD. To assess them, it is necessary to determine the complexity of the operation. Consequently, there is a set of scientific and technical problems, the solution of which makes it possible to develop a methodology, an algorithm and a program for choosing the optimal method and conditions for SPD, which provide the required surface quality parameters at a minimum technological cost, that gives a significant economic effect.*

***Methodology.** One of the methods of processing parts during restoration is diamond burnishing after the grinding process. The smoother or the crystal diamond will redistribute the metal of the surface layer, thus changing the microrelief. After diamond burnishing, reliability, durability of parts, and wear resistance increase. To achieve the goal, it is proposed to use two-link mandrels, which allow to exclude the beating of the treated surface. The structural equivalent of the mechanism is close to the crank gear, in contrast to which the radius of the workpiece is distributed along the arc. Changes in the smoothing force establish a relationship between static force and inertial force. The static smoothing force can be determined by knowing the basic technological parameters and processes. The force of inertia depends on the mass of the moving link of the mandrel.*

***Results.** The results of this study showed that the parameters set included the mass of the movable link of the*

mandrel, the diameter of the part, the sliding speed, the eccentricity, the constant of the mechanism and the force of inertia. The permitted speeds were found depending on the diameter of the part.

Conclusion. *This technique can be used to restore the working surfaces of the piston pins of automotive diesel engines for agricultural purposes and can reduce the level of surface roughness of the processed parts.*

Key words*: burnishing, smoother, two-link mandrel, eccentricity, surface to be treated, diamond, technological equipment.*

Literatura

1. CHurilov, D.G. Promyshlennoe ispol'zovanie hromirovaniya pri remonte detalej sel'skohozyajstvennoj tekhniki. / D.G. CHurilov, YU.A. Stekol'nikov, I.S. Arapov, A.V. SHemyakin, K.P Andreev // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. -2019.- T. 4.- № 44. -S. 120-125. DOI: 10.36508/RSATU.2019.77.85.021

2. . Polishchuk, S.D. Nanotekhnologii i nanomaterialy v sel'skohozyajstvennoj tekhnike / S.D. Polishchuk, D.G. CHurilov, V.V. CHurilova, I.S. Arapov // V sbornike: Innovacionnoe nauchno-obrazovatel'noe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa materialy 69-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii.- 2018.- S. 302-307. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36442143

3. .CHurilov, D.G. Kombinirovannyj sposob vosstanovleniya i uprochneniya detalej sel'skohozyajstvennoj tekhniki tipa "val" s ispol'zovaniem legirovannyh ferromagnitnyh poroshkov / D.G. CHurilov // Dissertaciya ... kandidata tekhnicheskih nauk: 05.20.03 / Michurinskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. Michurinsk, 2014.- 158s. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30399122

4. Gorohova, M.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej ferromagnitnymi poroshkami v magnitnom pole: monogrofiya/ M.N. Gorohova, D.G. CHurilov, A.A. Gorohov, N.V. Simonova// Ryazan': tirazh 300 ekz., Izdatel'stvo RGATU.- 2012.- 162s. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40935253

5. Rembalovich, G.K. Povyshenie nadezhnosti tekhnicheskih sistem v sel'skom hozyajstve na osnove ocenki kachestva tekhnicheskogo obsluzhivaniya, remonta i diagnostirovaniya [Tekst] / G.K. Rembalovich, V. V. Akimov, A.O. Bol'shakov, A. V. Starunskij // Principy i tekhnologii ekologizacii proizvodstva v sel'skom, lesnom i rybnom hozyajstve: Materialy 68-j MNPK 26-27 aprelya 2017 goda. – Ryazan': Izdatel'stvo Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva, 2017. – CHast' 2. – S. 261-265. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29968430

6. Starunskij, A.V. Teoriya i metodika opredeleniya neuravnoveshennosti vrashchayushchihsya izdelij [Tekst] / A.V. Starunskij // Sb.: Principy i tekhnologii ekologizacii proizvodstva v sel'skom, lesnom i rybnom hozyajstve: Materialy 68-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj Godu ekologii v Rossii. – Ryazan': Izdatel'stvo Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva, 2017. – S. 315-320. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29982888

7. Starunskij, A.V. Tekhnologicheskie napryazheniya, voznikayushchie v mnogoslojnom vkladyshe podshipnika skol'zheniya kolenchatogo vala avtotraktornyh DVS [Tekst] / A.V. Starunskij, G.A. Borisov, A.I. Kovchik, A.D. CHernyshev // Tekhnologiya metallov. – № 5. – 2013. – S.41-44. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18978011

8. Nazarov, P.A. Issledovanie ostatochnyh napryazhenij i smazochnoj sredy na ustalostnuyu prochnost' vosstanovlennyh detalej mobil'noj energeticheskoj i transportnoj tekhniki. – Tekst: neposredstvennyj /P.A. Nazarov, A.V. Starunskij // Sb.: Nauchno-prakticheskie aspekty innovacionnogo razvitiya transportnyh sistem i inzhenernyh sooruzhenij: Materialy Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii 20 fevralya 2020 g. Recenziruemoe nauchnoe izdanie. – Ryazan': Izdatel'stvo Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta, 2020. – S. 174-178. – Bibliogr.: s. 176-178 (13 nazv.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42809433

9. Korohodkina, K. G. Osobennosti metoda obrabotki materialov almaznym vyglazhivaniem / K. G. Korohodkina. — Tekst : neposredstvennyj // Molodoj uchenyj. — 2019. — № 39 (277). — S. 194-197. — URL: https://moluch.ru/archive/277/6257

10. Razuvaev E.I.Holodnaya plasticheskaya deformaciya v processah obrabotki metallov davleniem / Razuvaev E.I., Kapitanenko D.V., Vydumkina S.V., YAkusheva N.A. // Novosti materialovedeniya. Nauka i tekhnika. 2014. № 2. S. 9. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21429047

11. Bondarev A.A. Operezhayushchaya plasticheskaya deformaciya kak sposob povysheniya proizvoditel'nosti obrabotki konstrukcionnyh grupp materialov / Bondarev A.A., Otenij YA.N., Krajnev D.V. // Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii. 2015. № 2 (2). S. 25-32. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24393313

12. Dudkina N.G. Development of inelastic deformation upon electromechanical treatment and surface plastic deformation of grade 45 steel / Dudkina N.G. // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2020. T. 49. № 2. S. 116-121. DOI: 10.3103/S1052618820020077

УДК 621.362 DOI 10.36508/RSATU.2021.50.2.020

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЧЕЛИНЫЕ СОТЫ

ШЕМЯКИН Александр Владимирович, *д-р техн. наук, зав. каф. организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, shem.alex62@yandex.ru*

БОРЫЧЕВ Сергей Николаевич, *д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительства инженерных сооружений и механики, 89066486088@mail.ru*

КАШИРИН Дмитрий Евгеньевич*, д-р техн. наук, доцент, зав каф. электроснабжения, kadm76@mail.ru*

ПАВЛОВ Виктор Вячеславович, *аспирант кафедры электроснабжения, vikp76@mail.ru*

КУЗНЕЦОВ Алексей Сергеевич, *аспирант кафедры электроснабжения, medowij@mail.ru*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Проблема и цель. *Заключается в том, чтобы теоретически обосновать режим виброочистки воскового сырья, при котором происходит отделение частиц воска от перговых гранул.*

Методология. *В результате вибрационного воздействия на соты с пергой действует вынуждающая сила, которая должна быть больше силы трения между перговой гранулой и восковой основой ячейки сота, для того чтобы гранулы перги отделились. Увеличить силу, действующую на гранулу, можно увеличением либо амплитуды, либо частоты колебаний. Управление частотой является более рациональным по сравнению с управлением амплитудой. Для расчета частоты и амплитуды вынуждающей силы используются следующие данные: 2h – толщина рамки с сотами, h = 0,01м; a – длина рамки с сотами, a = 0,3м; b – ширина рамки с сотами, b = 0,4м; ρ – плотность, ρ = 326 кг/м³; N – натяжение; g – ускорение свободного падения, g = 9,81 м/с²; E – модуль упругости, E = 206000 МПа; G – модуль сдвига, G = 74000 Мпа; v – коэффициент Пуассона, v = 0,3; u – коэффициент вязкости. Моделирование исследуемого процесса выполняется в среде Mathcad встроенными средствами статистической обработки. При этом осуществляется математическое моделирование в определенных рамках технологического процесса.*

Результаты. *При воздействии на рамки с сотами, в которых есть перга, гармоническими колебаниями, возникает резонанс на малых частотах, что помогает ускорять процесс очистки.*

Заключение. *Для наиболее качественной очистки воскового сырья от примесей необходимо воздействие вибрации с частотой в диапозоне от 14 до 16 Гц. При этом возникает резонанс, который уменьшает затраты энергии на данный процесс.*

Ключевые слова: *пчеловодство, воск, перга, восковитость, вибрационная очистка, гармоника.*

Введение

Пчеловодство играет важную роль в народном хозяйстве нашей страны, оказывающую существенное влияние на урожайность основных сельскохозяйственных культур.

Воск является после меда вторым по важности продуктом. Он синтезируется специальными железами рабочих особей медоносной пчелы. Для пчел воск является единственным строительным материалом, который используется для строительства новых сотов и ремонта старых. Воск необходим для запечатывания ячеек с медом, а также для прикрепления частей гнезда к стенкам улья и, наряду с прополисом, заделывания ненужных проходов и щелей [1-6].

Воск обладает целым рядом ценных свойств. Благодаря своему биохимическому составу продукт отличается твердостью при низких температурах.

В настоящее время 40 % пасечного и часть заводского воска используется для изготовления вощины с целью воспроизводства сотового хозяйства пасек [7-9]. В 1857 году И. Меринг впервые изготовил вощину, что в свою очередь помогло пчеловодству превратиться в промышленную сельскохозяйственную отрасль [9, 10]. Использование вощины является залогом получения высококачественных сотов, что в свою очередь позволяет обеспечить высокие сборы меда и организовать механизацию технологических процессов в пчеловодстве.

Остальные 60 % воска используются в различных отраслях промышленности. Так, например, 8-12 % воска широко используется в косметологии [11-13].

Содержание воска в сырье или отходах, указанное в процентах от их веса, называется восковитостью. Восковое сырье, в соответствии с требованием ГОСТ 31775-2012, в зависимости от восковитости принято подразделять на три сорта. Вместе с восковитостью сырья или отходов всегда указывается влажность, при изменении которой изменяется и восковитость. Влажность воскосырья больше 10 % недопустима, так как в таких условиях активно развивается плесень, и воскосырье начинает портиться, что сопровождается ухудшением качественных показателей воска и его количественными потерями [14-18]. Коэффициент твердости воска в значительной степени показывает качество воска и существенно повышается по мере увеличения восковитости суши, из которой получен воск.

© Шемякин А. В., Борычев С. Н., Каширин Д. Е., Павлов В. В., Кузнецов А. С., 2021 г.

От количественного содержания загрязнений в воске практически в линейной зависимости находится его качество.

После изучения возможных подходов к очистке воскового сырья нами предложено проводить его очистку посредствам воздействия вибрации. Для обоснования рациональных условий вибрационного воздействия необходимо провести теоретическое исследование.

Цель исследования

Целью исследования является обоснование параметров режима виброочистки воскового сырья при воздействии гармонических колебаний.

Материалы и методы исследования

В процессе принудительной тряски рамки с сотами происходит ее периодическая деформация. Гранулы перги отделяются от стенок сотов и под действием сил инерции покидают ячейки. Очевидно, эти силы должны быть достаточно большими, чтобы преодолеть силы трения, удерживающие гранулу перги в соте. Силы инерции зависят от массы гранулы перги и ее ускорения. Справедливо следующее выражение для силы, действующей на гранулу перги:

$$F = ma, \qquad (1)$$

где m – масса гранулы, кг; a – ускорение, м/с^2.

Если рамка с сотами движется по гармоническому закону с амплитудой колебаний A и частотой вынуждающей силы Ω, то ее перемещение, скорость и ускорение, соответственно, определяются выражениями

$$A\cos\Omega t\,,\ \ -A\Omega\sin\Omega t \text{ и } -A\Omega^2\cos\Omega t\,. \qquad (2)$$

В выражение для силы входит ускорение, которое зависит от амплитуды колебаний и от квадрата частоты. От этих же величин зависит и сила, действующая на гранулу перги. Если на гранулу действует сила, которая превышает силу трения, удерживающую гранулу перги в ячейке сотов, гранула отделяется от ячейки. Это и является желаемым результатом процесса. Поэтому следует создать условия, при которых происходит наиболее полное разделение гранул перги и восковой основы сотов.

Увеличить ускорение, а, следовательно, и силу, действующую на гранулу, можно увеличением либо амплитуды, либо частоты колебаний. Увеличение амплитуды в два раза увеличивает силу также в два раза. Увеличение же частоты в два раза увеличивает силу в четыре раза. Поэтому управление частотой является более рациональным по сравнению с управлением амплитудой.

Более того, в рамке с сотами, как и в большинстве колебательных систем, проявляется явление резонанса: на определенных частотах наблюдается резкое увеличение амплитуды колебаний. Это значит, что амплитуда, с которой колеблется гранула, при всех прочих равных условиях, зависит также и от частоты вынужденных колебаний:

$$F = F(\Omega) \qquad (3)$$

Целесообразно подобрать частоту колебаний рамки таким образом, чтобы она была близка к резонансной; тем самым увеличивается сила, действующая на гранулу, обеспечивая подходящие условия для отделения гранул от стенок сотов.

Периодическое колебание рамки с сотами приводит к появлению волн деформации на поверхности рамки. Эти волны вызывают смещение поверхности рамки с тем или иным ускорением. Косвенный эффект окажет и деформация сотов, уменьшающая силу сцепления гранулы со стенками. Эффективное отделение гранул перги возможно и при таком механизме. Произведем построение математической модели, описывающей вынужденные колебания рамки с сотами.

Рамка с сотами по своей сути представляет структуру из металлической проволоки, к которой прикреплен лист вощины, и деревянного каркаса. Проволока крепится почти без натяжения и представляет собой несущую конструкцию. Прочностные свойства рамки обусловлены в основном физическими свойствами проволоки. Прикрепленные же соты, не обладая упругими механическими свойствами, могут быть рассмотрены как дополнительная распределенная масса, прикрепленная к проволоке.

Одна гармоника вынужденных колебаний без учета статического прогиба имеет вид произведения двух сомножителей, только один из которых зависит от пространственных переменных и определяется только геометрическими и механическими параметрами рамки с сотами.

$$U_{mn}(x,y) = \sin\frac{m\pi x}{a}\sin\frac{n\pi y}{b}\ , \qquad (4)$$

где a, b – соответственно длина и ширина рамки с сотами, м.

Для каждой из конкретных рамок эти величины постоянны. Следовательно, управление движением с помощью их невозможно.

Второй сомножитель, наоборот, кроме геометрических и механических параметров, зависит также и от частоты и амплитуды вынуждающей силы, поскольку эти величины выбираются исходя из конструктивных или внешних требований:

$$T_{mn} = \frac{B_{mn}}{\sqrt{\Delta_{mn}}}\cos\left(\Omega t - \phi_{mn}\right) \qquad (5)$$

Результаты исследований

Типичные зависимости амплитуды и фазы колебаний от частоты вынуждающей силы представлены на рисунках 1 и 2 для значений m = n = 1.

При заданных значениях параметров модели добротность (отношение максимальной амплитуды к ее значению на полуширине пика) достаточно большая. Это в свою очередь значит, что в окрестности резонанса силы, действующие на гранулу перги, также возрастают.

При увеличении коэффициента поглощения увеличивается вязкое трение в колеблющейся рамке (увеличивается коэффициент вязкого трения – множитель при первой производной по времени), зависимость амплитуды колебаний от частоты вынуждающей силы становится более пологой и резонансная частота сдвигается влево.

Более пологой становится и изменение фазы гармоники.

При заданной амплитуде вынуждающей силы амплитуда каждой гармоники определяется выражением (динамическим коэффициентом), стоящим в знаменателе. Учет фазы затруднителен вследствие сложности закона ее изменения.

Его величина зависит от частоты вынуждающей силы, коэффициента трения и номера гармоники. Чем меньше это выражение, тем больше амплитуда соответствующей гармоники.

Исследуем поведение множителя в зависимости от упомянутых параметров:

1) чем больше номер гармоники, тем больше значение множителя. Это значит, что для больших номеров гармоник эффект резонанса не так ярко выражен. Следовательно, ожидать значительного увеличения амплитуды вынужденных колебаний рамки с сотами можно только на основной частоте или двух ближайших гармониках;

2) скорость поперечных колебаний определяется натяжением проволочной сетки, натянутой на деревянную рамку. Чем больше натяжение, тем больше скорость поперечных колебаний. Следовательно эффект резонанса начнет проявляться на меньших частотах.

Предполагая, что номера гармоник фиксированы, найдем такое значение частоты вынуждающей силы, при котором достигается минимум (наступает явление резонанса). Резонансное значение частоты вынуждающей силы равно

$$\Omega_{mn} = \sqrt{c^2\left(\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2\right) - 2k^2}\ ,\ T_{mn} = \cdot$$
$$= \frac{B_{mn}(\Omega_{mn})}{\sqrt{\Delta_{mn}(\Omega_{mn})}}\cos(\Omega_{mn}t - \varphi_{mn}) \qquad (6)$$

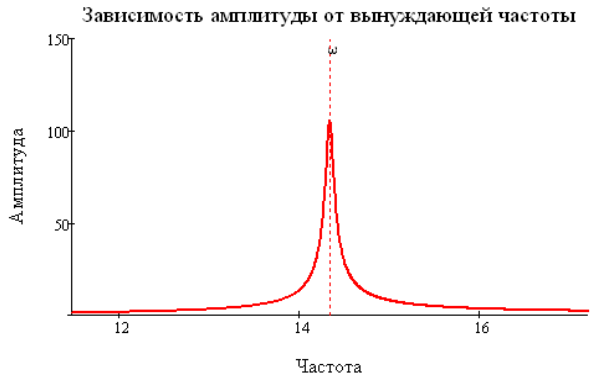


Рис. 1 – Зависимость амплитуды гармоники от частоты вынуждающей силы

Для больших значений номеров гармоник подкоренное выражение правой части неотрицательно и наступает явление резонанса. Заметим, что для каждой из гармоник существует своя резонансная частота колебаний. Нельзя получить резонанс на всех гармониках одновременно. Резонансное значение множителя равно

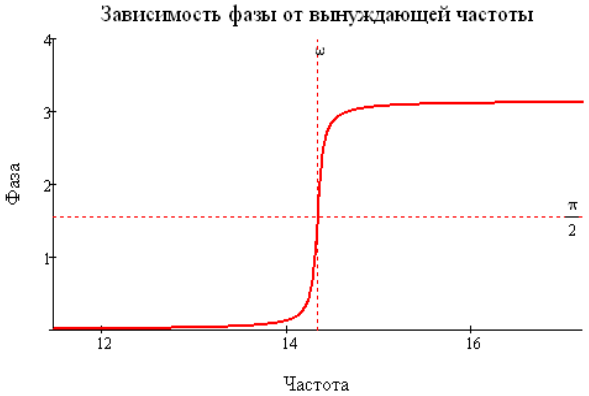


Рис. 2 – Зависимость фазы гармоники от частоты вынуждающей силы

$$\Delta_{mn} = 4k^2\left(c^2\left(\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2\right) - k^2\right) \qquad (7)$$

Наиболее целесообразно выполнить сравнение резонансных амплитуд для различных гармоник (в предположении о гармоническом законе колебаний рамки сотов):

$$\frac{\dfrac{B_{mn}}{\sqrt{\Delta_{mn}}}}{\dfrac{B_{11}}{\sqrt{\Delta_{11}}}} = \frac{B_{mn}}{B_{11}}\sqrt{\frac{c^2\left(\left(\frac{\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{b}\right)^2\right) - k^2}{c^2\left(\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2\right) - k^2}} \qquad (8)$$

На рисунке 3 показана зависимость отношения амплитуд как функция переменной m при фиксированном значении n = 1. Поскольку энергия гармоники пропорциональна квадрату амплитуды, основная часть энергии колебаний сосредоточена в первых трех гармониках.

Рис. 3 – Относительная амплитуда резонансных гармоник

Более точный учет явления резонанса должен включать и зависимость величины от частоты вынуждающей силы. Это значит, что требуется найти экстремальное значение выражения.

Заключение

Очистку воскового сырья от загрязнений целесообразно проводить при частоте вибрационного воздействия 14-16 Гц, так как при этом обнаруживается явление резонанса, позволяющее миними-

зировать затраты энергии на процесс очистки.

Список литературы

1. Максимов, Н.М. Использование тепловизора для определения качества зимовки пчёл // Н.М. Максимов, Е.В. Лосякова // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №2. – С. 8-12. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29385393

2. Максимов, Н.М. Упрощённый способ извлечения перги из пчелиных сот / Н.М. Максимов, Е.В. Лосякова // Вестник брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. - № 2(66). – С. 57-61.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32777797

3. Максимов, Н.М. Анализ оборудования для получения пчелиного воска на пасеках / Н.М. Максимов // Вестник Совета молодых учёных РГАТУ (им. П.А. Костычева). Рязань. - №1 (6) - 2018 г. С. 62-66. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34864137

4. Максимов, Н. М. Предпосылки к разработке технологии переработки воскосырья на пасеках с использованием парогенератора / Н. М. Максимов // Материалы 69-ой Международной научно-практической конференции (25 апреля 2018 года) в 2-х ч. Ч. II. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2018. – С. 237-241. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36426588

5. Максимов, Н. М. Результаты многофакторного исследования выработки пара в парогенераторе при перетопке воска на пасеках / Н. М. Максимов, В.В. Морозов // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – №1. –С. 77-80. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39132205

6. Максимов, Н. М. Многофакторное исследование выработки пара в парогенераторе при перетопке воска / Н. М. Максимов, О. М. Афанасьева // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – №31. – С. 84-91. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38583651

7. Максимов, Н.М. Перспективная технология переработки воскового сырья на пасеках с использованием парогенератора / Н.М. Максимов, В.В. Морозов // Материалы Международной научно-практической конференции «Традиции и инновации в АПК» (17-18 апреля 2019 г). – Великие Луки, 2019. – С. 493-498. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41461921

8. Максимов, Н. М. Парогенератор для вытопки воска на пасеке / Н. М. Максимов, В. В. Морозов // Пчеловодство. – 2019. - №6. - С. 44-46. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39146578

9. Максимов, Н.М. Парогенератор для малых хозяйств / Н.М. Максимов, В.В. Морозов // Сельский механизатор. – 2019 - № 5. – С. 24-25.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41260777

10. Максимов, Н.М. Исследование качественных показателей пасечного воска / Н.М. Максимов // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №3. – С. 48-54. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44184426

11. Максимов, Н.М. Об эффективности использования воскопресса "лисица" при перетопке воска на пасеке / Н.М. Максимов // Известия ВГСХА. – 2020. - № 2(31). – С. 44-50URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43852997

12. Максимов, Н.М. Теоретическое обоснование работы воскопресса "Лисица" при отжиме воска из мервы / Н.М. Максимов, Н.В. Никифоров // Вестник Рязанского ГАТУ. – 2020. - № 1(45). – С. 97-99. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43004304

13. Максимов, Н.М. К вопросу охлаждения пасечного воска после перетопки воскосырья / Н.М. Максимов // Материалы Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» (09-10 апреля 2020 г). – Великие Луки, 2020. – С. 127-131. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43948725

14. Бышов, Д.Н. Исследование гигроскопических свойств загрязнителей воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Электронный научнометодический журнал Омского ГАУ, 2016. – Спецвыпуск №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-gigroskopicheskih-svoystv-zagryazniteley-voskovogo-syrya/viewer

15. Бышов, Д.Н. Исследование гранулометрического состава загрязненного воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сб. науч. тр. – 2016. – С. 463-465. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26276106

16. Бышов, Д.Н. Исследование дисперсионных свойств перги различного гранулометрического состава / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 1 (33). – С. 69-74. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29409333

17. Бышов, Д.Н. Исследование эффективности очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании / Д.Н. Бышов [и др.] // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 12 (135). – С. 115-122. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=32358087

18. Павлов, В.В. Исследование процесса растворения загрязняющих примесей воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании / В.В. Павлов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. № 4 (36). С. 126-132. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32205966

ANALYTICAL SUBSTANTIATION OF THE RATIONAL MODE OF VIBRATION IMPACT ON THE HONEYCOMB

Shemyakin Alexander V., *Doctor of Technical Science, Head of the Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, shem.alex62@yandex.ru*

Borychev Sergey N., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, 89066486088@mail.ru*
Kashirin Dmitriy Ye., *Doctor of Technical Sciences, associate Professor, kadm76@mail.ru*
Pavlov Viktor V., *post-graduate student, vikp76@mail.ru Ryazan state agrotechnological University named after P. A. Kostychev*
Kuznetsov Alexey S., *post-graduate student, medowij@mail.ru*
Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev

Problem and purpose. *The aim of the study is to theoretical justify the mode of vibration cleaning of wax feedstock, in which wax particles are separated from beads.*
Methodology. *As a result of the vibration action, a force force is exerted on the feather honeycombs, which must be greater than the frictional force, in order for the feather pellets to separate from the wax cells of the honeycombs. To calculate the frequency and amplitude of the force, the following data 2h are used - the thickness of the frame with cells, h = 0.01m; a is the length of the frame with cells, a = 0.3m; b is the width of the frame with cells, b = 0.4m; ρ - density, ρ = 326 kg/m$_3$; N - tension; g - acceleration of free fall, g = 9.81 m/c^2; E - modulus of elasticity, E = 206000 MPa; G - shear modulus, G = 74000 MPa; v is Poisson's coefficient, v = 0.3; u - viscosity coefficient.*
Results. *When acting on frames with cells in which there is a feather, harmonic oscillations, resonance at low frequencies occurs, which helps to accelerate the cleaning process.*
Conclusion. *For the highest quality purification of wax raw materials from impurities, vibration is necessary with a frequency in the diapozone from 14 to 16. At the same time, a resonance occurs that reduces the energy consumption for this process.*
Key words: *beekeeping, wax, perga, waxiness, vibration cleaning, harmonics.*

Literatura

1. Maksimov, N.M. Ispol'zovanie teplovizora dlya opredeleniya kachestva zimovki pchyol // N.M. Maksimov, E.V. Losyakova // Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2017. – №2. – S. 8-12. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29385393
2. Maksimov, N.M. Uproshchyonnyj sposob izvlecheniya pergi iz pchelinyh sot / N.M. Maksimov, E.V. Losyakova // Vestnik bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2017. - № 2(66). – S. 57-61.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32777797
3. Maksimov, N.M. Analiz oborudovaniya dlya polucheniya pchelinogo voska na pasekah / N.M. Maksimov // Vestnik Soveta molodyh uchyonyh RGATU (im. P.A. Kostycheva). Ryazan'. - №1 (6) - 2018 g. S. 62-66. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34864137
4. Maksimov, N. M. Predposylki k razrabotke tekhnologii pererabotki voskosyr'ya na pasekah s ispol'zovaniem parogeneratora / N. M. Maksimov // Materialy 69-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (25 aprelya 2018 goda) v 2-h ch. CH. II. – Ryazan': Izdatel'stvo RGATU, 2018. – S. 237-241. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36426588
5. Maksimov, N. M. Rezul'taty mnogofaktornogo issledovaniya vyrabotki para v parogeneratore pri peretopke voska na pasekah / N. M. Maksimov, V.V. Morozov // Vestnik Kurganskoj GSKHA. – 2019. – №1. –S. 77-80. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39132205
6. Maksimov, N. M. Mnogofaktornoe issledovanie vyrabotki para v parogeneratore pri peretopke voska / N. M. Maksimov, O. M. Afanas'eva // Innovacii v sel'skom hozyajstve. – 2019. – №31. – S. 84-91. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38583651
7. Maksimov, N.M. Perspektivnaya tekhnologiya pererabotki voskovogo syr'ya na pasekah s ispol'zovaniem parogeneratora / N.M. Maksimov, V.V. Morozov // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Tradicii i innovacii v APK» (17-18 aprelya 2019 g). – Velikie Luki, 2019. – S. 493-498. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41461921
8. Maksimov, N. M. Parogenerator dlya vytopki voska na paseke / N. M. Maksimov, V. V. Morozov // Pchelovodstvo. – 2019. - №6. - S. 44-46. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39146578
9. Maksimov, N.M. Parogenerator dlya malyh hozyajstv / N.M. Maksimov, V.V. Morozov // Sel'skij mekhanizator. – 2019 - № 5. – S. 24-25.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41260777
10. Maksimov, N.M. Issledovanie kachestvennyh pokazatelej pasechnogo voska / N.M. Maksimov // Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2020. – №3. – S. 48-54. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44184426
11. Maksimov, N.M. Ob effektivnosti ispol'zovaniya voskopressa "lisica" pri peretopke voska na paseke / N.M. Maksimov // Izvestiya VGSKHA. – 2020. - № 2(31). – S. 44-50URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43852997
12. Maksimov, N.M. Teoreticheskoe obosnovanie raboty voskopressa "Lisica" pri otzhime voska iz mervy / N.M. Maksimov, N.V. Nikiforov // Vestnik Ryazanskogo GATU. – 2020. - № 1(45). – S. 97-99. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43004304
13. Maksimov, N.M. K voprosu ohlazhdeniya pasechnogo voska posle peretopki voskosyr'ya / N.M. Maksimov // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Nauchno-tekhnicheskij progress

v sel'skohozyajstvennom proizvodstve» (09-10 aprelya 2020 g). – Velikie Luki, 2020. – S. 127-131. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43948725

14. Byshov, D.N. Issledovanie gigroskopicheskih svojstv zagryaznitelej voskovogo syr'ya / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov // Elektronnyj nauchnometodicheskij zhurnal Omskogo GAU, 2016. – Specvypusk №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-gigroskopicheskih-svoystv-zagryazniteley-voskovogo-syrya/viewer

15. Byshov, D.N. Issledovanie granulometricheskogo sostava zagryaznennogo voskovogo syr'ya / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov // Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy: sb. nauch. tr. – 2016. – S. 463-465. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26276106

16. Byshov, D.N. Issledovanie dispersionnyh svojstv pergi razlichnogo granulometricheskogo sostava / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2017. – № 1 (33). – S. 69-74. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29409333

17. Byshov, D.N. Issledovanie effektivnosti ochistki voskovogo syr'ya v vode pri intensivnom mekhanicheskom peremeshivanii / D.N. Byshov [i dr.] // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 12 (135). – S. 115-122. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=32358087

18. Pavlov, V.V. Issledovanie processa rastvoreniya zagryaznyayushchih primesej voskovogo syr'ya v vode pri intensivnom mekhanicheskom peremeshivanii / V.V. Pavlov // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2017. № 4 (36). S. 126-132. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32205966