

ISSN 1817–5457



ИжГСХА

# ВЕСТНИК

Ижевской государственной  
сельскохозяйственной академии

№ 2 (66) 2021



Журнал основан в марте 2004 г. Выходит ежеквартально

Учредитель ФГБОУ ВО «Ижевская государственная  
сельскохозяйственная академия»

Адрес редакции, издательства  
и типографии:  
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11,  
кабинет 514.  
E-mail: rio.isa@list.ru

Подписной индекс в объединенном  
каталоге «Пресса России» 40567



Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору  
в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-63611 от 02.11.2015.

Журнал включен в Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ),  
реферативную базу данных AGRIS.

Ответственность за содержание статей  
несут авторы публикаций.

Редактор М. Н. Перовощикова  
Верстка А. А. Волкова  
Перевод В. Г. Балтачев

Подписано в печать 25.06.2021 г.  
Дата выхода в свет 30.06.2021 г.  
Формат 60×84/8. Тираж 500 экз.  
Заказ № 8227. Цена свободная.

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021

ISSN 1817-5457

DOI 10/48012/1817-5457

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

### Главный редактор

доктор технических наук, доцент А. А. Брацихин

### Научный редактор

доктор сельскохозяйственных наук, профессор С. И. Кокотов

### Члены редакционного совета:

*А. М. Ленточкин* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*Т. Ю. Бортник* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*Т. А. Бабайцева* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*И. Н. Щенникова* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
член-корреспондент РАН ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр  
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

*И. Ш. Фатыхов* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*Л. М. Колбина* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент УдмФИЦ УрО РАН

*Н. А. Балакирев* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

*С. Д. Батанов* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*С. В. Залесов* – доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор ФГБОУ ВО Уральский ГЛТУ

*К. М. Габдрахимов* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

*С. Н. Пономарев* – доктор сельскохозяйственных наук  
ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН

*Б. Б. Максимов* – доктор PhD, Аграрный университет, г. Пловдив, Болгария

*Ю. Г. Крысенко* – доктор ветеринарных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*В. А. Ермолаев* – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

*И. Г. Конопельцев* – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

*И. Л. Бухарина* – доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО УдГУ

*Д. А. Тихомиров* – доктор технических наук, член-корреспондент РАН  
ГГНБУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

*Ф. Ф. Мухамадьяров* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

*П. В. Дородов* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*А. Г. Левишин* – доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

*С. И. Юран* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*Н. П. Кондратьева* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*И. В. Юдаев* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Донской ГАУ

*Е. В. Харанжевский* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО УдГУ

*О. В. Горелик* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Уральский ГАУ

*С. В. Карамеев* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ

*Т. Ф. Персикова* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Белорусская ГСХА

*К. К. Тулегенов* – доктор PhD, Западно-Казахстанский аграрно-технический  
университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

*Л. А. Садыкова* – кандидат технических наук, Западно-Казахстанский  
аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

*А. Семенов* – кандидат PhD, член Европейской Ассоциации ветеринаров диких  
и зоопарковых животных Эстонского университета естественных наук (EMÜ),  
г. Тарту, Эстония

*Н. И. Филиппова* – кандидат сельскохозяйственных наук

ТОО НПЦЗХ им. А. И. Бараева

*Я. Кмень* – профессор, доктор философских наук, Технический университет  
в Зволене, Словакия

Journal was founded in March, 2004. Quarterly issued journal

Founder is Federal state budgetary educational institution of higher education (FSBEI HE) *Izhevsk State Agricultural Academy*

Address of publisher, editorial office,  
printing house:  
426069, Izhevsk, Studencheskaya St., 11,  
cabinet 514.  
E-mail: rio.isa@list.ru

The subscription index in the integrated  
catalogue "Press of Russia" is 40567



Registration certificate PI  
№ FS77-63611 dated 02.11.2015.  
was issued by Federal Service  
in the Sphere of Telecom, Information  
Technologies and Mass Communications  
(Roskomnadzor).

The journal is included in the database  
of the Russian science citation index  
and in the international scientific  
information database AGRIS

The authors of publications  
are responsible for the content of articles.

Editor M. N. Perevoshchikova  
Layout A. A. Volkova  
Translation V. G. Baltachev

Signed for printing 25 June 2021.  
Publication – 30 June 2021.  
Format 60×84/8. Printing 500 iss.  
Order № 8227. Free price.

© *Izhevsk State Agricultural Academy*,  
2021

ISSN 1817-5457  
DOI 10/48012/1817-5457

## EDITORIAL BOARD

### Editor in chief

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor *A. A. Bratsikhin*

### Science editor

Doctor of Agricultural Sciences, Professor *S. I. Kokonov*

### Members of Editorial Board:

*A. M. Lentochkin* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

*T. Yu. Bortnik* – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

*T. A. Babaytseva* – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

*I. N. Shchennikova* – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, FGBNU

"Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky"

*I. Sh. Fatykhov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

*L. M. Kolbina* – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, UdmFRC UrDRAS

*N. A. Balakirev* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician  
of the Russian Academy of Sciences, Moscow State Academy of Veterinary Medicine  
and Biotechnology named K. I. Skryabin

*S. D. Batanov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

*S. V. Zalesov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Ural State Forest Engineering University

*K. M. Gabdrakhimov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Bashkir State Agrarian University

*S. N. Ponomarev* – Doctor of Agricultural Sciences, TatSRIA FRC KazSC RAS

*B. B. Maximov* – Doctor PhD, Agrarian University of Plovdiv, Bulgaria

*Yu. G. Krysenko* – Doctor of Veterinary Science, Professor,  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

*V. A. Ermolaev* – Doctor of Veterinary Science, Professor,  
Ulyanovsk State Agricultural Academy

*I. G. Konopeltsev* – Doctor of Veterinary Science, Professor, Vyatka State Agricultural Academy

*I. L. Bukharina* – Doctor of Biological Sciences, Professor, Udmurt State University

*D. A. Tikhomirov* – Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the Russian  
Academy of Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM

*F. F. Mukhamadyarov* – Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Vyatka State Agricultural Academy

*P. V. Dorodov* – Doctor of Technical Sciences, Professor,  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

*A. G. Levshin* – Doctor of Engineering Science, Professor,  
Russian State Agrarian University named after K. A. Timiryazev

*S. I. Yuran* – Doctor of Technical Sciences, Professor, *Izhevsk State Agricultural Academy*

*N. P. Kondratyeva* – Doctor of Technical Sciences, Professor,  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

*I. V. Yudaev* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Donskoy State Agrarian University

*E. V. Kharanzhevsky* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Udmurt State University

*O. V. Gorelik* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ural State Agrarian University

*S. V. Karamaev* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Samara State Agricultural Academy

*T. F. Persikova* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Belarusian State Agricultural Academy

*K. K. Tulegenov* – Doctor PhD, Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical  
University, Uralsk, Kazakhstan

*L. A. Sadykova* – Candidate of Technical Sciences, Zhangir Khan West Kazakhstan  
Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan

*A. Semenov* – Cand. PhD, member of the European Association of Wild and Zoo Animal  
Veterinarians Estonian University of Life Sciences (EMÜ), Tartu, Estonia

*N. I. Filippova* – candidate of agricultural sciences LLC SPCGF named after A. I. Baraev,  
Kazakhstan

*Ya. Kmen* – Professor, engineer, Doctor of Philosophy Technical University in Zvolen,  
Slovakia

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

<b>С. Д. Батанов, И. А. Баранова, О. С. Старостина, М. М. Шайдуллина</b> Инновационный метод прогнозирования продуктивности молочных коров . . . . .	4
<b>А. В. Борисова</b> Результаты оценки племенной ценности жеребцов-производителей русской тяжеловозной породы за 2020 год . . . . .	11
<b>М. И. Васильева, М. В. Злобина, Н. П. Казанцева</b> Особенности переработки свинины с разными функционально-технологическими характеристиками . . . . .	16
<b>Е. Д. Мушталева, С. Л. Воробьева, М. И. Васильева</b> Состояние отрасли пчеловодства Удмуртской Республики . . . . .	23
<b>Е. В. Хардина, О. А. Краснова, Т. В. Картанова, С. С. Вострикова</b> Анализ мясной продуктивности крупного рогатого скота, перерабатываемого в условиях ООО «Увинский мясокомбинат» Увинского района Удмуртской Республики . . . . .	29

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>И. Ю. Брагин, Л. А. Пантелеева, П. Н. Покоев, Д. А. Васильев</b> Сравнение ферромагнитных свойств различных материалов . . . . .	37
<b>А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. А. Баженов, В. И. Ширококов</b> Технология восстановления работоспособности вала-шестерни гидромотора Bosch Rexroth AZMF . . . . .	43
<b>А. С. Корепанов, П. Л. Лекомцев, М. Л. Шавкунов, Р. И. Гаврилов</b> Энергетические характеристики конвективного индукционного водонагревателя . . . . .	49
<b>Р. И. Останин, А. В. Костин, Л. Я. Лебедев,</b> <b>А. Г. Иванов, Р. Р. Шакиров, Ю. Д. Боднарчук, Д. А. Марков</b> Механизированный комплекс для послеуборочной обработки и хранения картофеля . . . . .	56
<b>К. О. Фирус, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова,</b> <b>Е. В. Максимова, А. Б. Спиридонов, Т. С. Копысова</b> Интенсификация процесса переработки отходов животноводства . . . . .	65

## CONTENTS

### AGRICULTURAL SCIENCES

<b>S. D. Batanov, I. A. Baranova, O. S. Starostina, M. M. Shaidullina</b> An innovative method for predicting the productivity of dairy cows . . . . .	4
<b>A. V. Borisova</b> The results of a breeding value assessment for stallions-sires of the Russian heavy draft breed, 2020 . . . . .	11
<b>M. I. Vasilieva, M. V. Zlobina, N. P. Kazantseva</b> Peculiarities of pork processing with different functional-and-technological characteristics . . . . .	16
<b>Ye. D. Mushtaleva, S. L. Vorobyova, M. I. Vasilieva</b> Situation in the beekeeping field in the Udmurt Republic . . . . .	23
<b>Ye. V. Khardina, O. A. Krasnova, T. V. Kartanova, S. S. Vostrikova</b> Analysis of meat productivity of the cattle being processed in the conditions of LLC "Uvinsky meat processing plant" in Udmurt Republic . . . . .	29

### TECHNICAL SCIENCES

<b>I. Yu. Bragin, L. A. Panteleyeva, P. N. Pokoyev, D. A. Vasiliev</b> Comparison of ferromagnetic properties of different materials . . . . .	37
<b>A.G. Ipatov, S. N. Shmykov, V. I. Shirobokov, V. A. Bazhenov</b> Technology of operational recovery for the gear-shaft of the Bosh Rexroth AZMF hydraulic motor . . . . .	43
<b>A. S. Korepanov, P. L. Lekomtsev, M. L. Shavkunov, R. I. Gavrillov</b> Energetic characteristics of a convective induction water heater . . . . .	49
<b>R. I. Ostanin, A. V. Kostin, L. Ya. Lebedev, A. G. Ivanov,</b> <b>R. R. Shakirov, Yu. D. Bodnarchuk, D. A. Markov</b> Mechanized complex for postharvesting processing and storage of potatoes . . . . .	56
<b>K. O. Firus, K.V. Anisimova, N. G. Glavatskikh, O. B. Porobova,</b> <b>Ye. V. Maksimova, A. B. Spiridonov, T. S. Kopysova</b> Intensification of the animal waste conversion process . . . . .	65

С. Д. Батанов, И. А. Баранова, О. С. Старостина, М. М. Шайдуллина  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

## ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ МОЛОЧНЫХ КОРОВ

*Промышленная технология производства молока предъявляет повышенные требования не только к уровню продуктивности коров, но и к физическому и физиологическому соответствию интенсивной технологии, поскольку экстерьерные и конституциональные особенности – внешний вид животного и его внутренние функции тесно связаны с продуктивными и репродуктивными качествами организма. В связи с чем нами были проведены исследования по изучению параметров телосложения и молочной продуктивности коров черно-пестрой породы, а также приведены результаты однофакторного дисперсионного анализа по выявлению степени влияния экстерьера на продуктивные качества коров. В соответствии с тематикой научных исследований, целью работы являлось изучение динамики изменения экстерьерных параметров и определение степени взаимосвязи продуктивных качеств и типа телосложения коров в популяции голштиinizированного холмогорского и черно-пестрого скота Удмуртской Республики. Научные исследования проведены на племенном поголовье коров черно-пестрой породы в объеме 350 голов. Основные данные по происхождению и молочной продуктивности животных взяты из форм зоотехнического учета и электронной базы ИАС «Сэлэкс – Молочный скот». Используя данные молочной продуктивности, удой за 305 дней лактации, массовая доля жира, %, массовая доля белка, %, рассчитали продуктивный индекс. Тип телосложения коров оценивали в период с 90-го по 150-й день лактации с помощью измерения и расчета экстерьерного индекса типа телосложения и индекса тазобедренной области. Установлено влияние промеров: прямая длина туловища, ширина в маклаках, обхват пясти, длина крестца на величину удоя за 305 дней лактации (кг). На качественные показатели молока: массовую долю жира (%) и белка (%), а также продуктивный индекс оказали влияние промеры: глубина груди, ширина в маклаках, обхват пясти, глубина туловища в пояснице, ширина в седалищных буграх, длина крестца и длина тазобедренной области. Результатами однофакторного дисперсионного анализа установлено, что на изучаемые биологические признаки фактор «промер» оказал влияние с разной силой, вариация составила от 0,3 % до 12,2 %. Сила влияния фактора «индекс типа телосложения» была на относительно невысоком уровне и варьировала в пределах 0,3–2,9 %, фактор «индекс тазобедренной области» варьировал в среднем от 0,2 до 7,7 %. Факторы «индекс типа телосложения» и «индекс тазобедренной области» оказали существенное влияние на параметры, характеризующие качественные показатели молока: массовую долю жира в молоке – 2,9 % и 7,7 %, массовую долю белка в молоке – 1,4 % и 2,9 %.*

**Ключевые слова:** дисперсионный анализ; индекс тазобедренной области; индекс типа телосложения; тип телосложения; экстерьер.

**Актуальность.** Изучение признаков телосложения и измерение параметров экстерьера крупного рогатого скота играет значительную роль в улучшении племенных качеств животных и повышении эффективности селекции [5–8].

Оценка животных по внешнему виду насчитывает более чем двухтысячелетнюю историю. Отбор по экстерьеру был одной из первых ступеней искусственного отбора и имел преобладающее значение в оценке животных до конца XIX в. Взаимосвязь между экстерьером и продуктивностью животных выявили еще первые животноводы, создававшие местные породы скота методом народной селекции. Это обуславливалось тем, что экстерьер в известной мере связан с физиологическими функциями

организма и позволяет в определенной степени оценивать продуктивные качества животных [1].

В настоящее время при оценке животного уделяется особое влияние крепкому, здоровому телосложению. Различные пороки экстерьера указывают на недостатки внутреннего строения организма, что очень важно знать. Например, узкая грудь свидетельствует о недостаточности развития грудной клетки, где расположены такие важные органы, как легкие, сердце. При этом по экстерьеру можно судить о внутреннем строении животного и особенностях его конституции [4, 6].

Создание высокопродуктивного молочного стада крупного рогатого скота, характеризующегося хорошим здоровьем и длительным сро-

ком эксплуатации, невозможно без систематической оценки животных по экстерьеру и типу телосложения [1, 2, 3].

Во всех странах с развитым молочным скотоводством (США, Канада, Япония, Европейские страны) тип телосложения наряду с показателями молочной продуктивности является главным селекционным признаком при совершенствовании молочных пород [9, 13]. Тип молочной коровы был разработан американскими селекционерами для голштинской породы. Такой тип обеспечивает высокую молочную продуктивность при сохранении здоровья животных в процессе интенсивного использования и может служить моделью для молочной коровы и в Российской Федерации. Признаки телосложения тесно связаны с экономической ценностью молочного скота и эффективностью его разведения.

Следовательно, изучение экстерьера основано на трех основных принципах:

- направление продуктивности животного и его уровень находят свое отражение в особенностях телосложения;
- наружные формы телосложения коррелятивно связаны между собой и с развитием внутренних органов животного;
- особенности экстерьера определяются породными особенностями животного [3, 6, 8].

Следует отметить, что характеристика «размер тела» считается обусловленной наследственностью и подвержена влиянию большого количества внешних факторов. Плейотропные эффекты дают дополнительную информацию о корреляциях в отношении размера тела и являются результатом отбора, применяемого в целях дальнейшего совершенствования экстерьерного типа. В мировой практике молочного скотоводства специалисты утверждают, что голштинские коровы становятся все больше и больше, и, как следствие, они часто «не вписываются» в существующие (более старые) помещения для содержания. При этом существует биологический оптимум для размера тела половозрастной коровы. Именно по этой причине экстремальные отклонения от среднего и, что интересно, часто чрезвычайно положительные отклонения, показывают снижение эффективности использования коров и, следовательно, эффективного производства молока [14].

Следовательно, в будущем следует ожидать, что размер животного будет обусловлен существующим положительным отношением к (средней) живой массе даже при отрицатель-

ном балансе с экономической точки зрения, поскольку намерение заключается в повышении эффективности использования корма и, следовательно, косвенном сокращении выбросов метана в атмосферу.

Таким образом, племенная работа, направленная на совершенствование типа телосложения крупного рогатого скота, имеет большое значение для повышения эффективности молочного скотоводства, поскольку гармонично сложенные животные отличаются высокой молочной продуктивностью, длительным сроком хозяйственного использования и пользуются значительным «спросом» на рынке племенной продукции. А правильная оценка и анализ признаков телосложения необходимы для определения генетических достоинств животного и возможного уровня реализации продуктивного потенциала.

**Цель исследований** – изучение динамики изменения экстерьерных параметров и определение степени взаимосвязи продуктивных качеств и типа телосложения коров в популяции голштинизированного холмогорского и чернопестрого скота Удмуртской Республики.

**Материал и методы.** Научные исследования проводились в 2018–2020 гг. на племенном поголовье коров холмогорской и чернопестрой породы Удмуртской Республики. Объем выборочной совокупности животных составил 350 коров, в том числе в племенном заводе АО «Путь Ильича» Завьяловского района 121 голова, СПК «Чутырский» Игринского района 51 голова, в АО «Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА 110 голов, ООО «Россия» Можгинского района Удмуртской Республики 68 голов. Данные по происхождению и молочной продуктивности коров взяты из форм зоотехнического учета и электронной базы ИАС «Селэкс – Молочный скот». Из показателей молочной продуктивности учитывались удой за 305 дней лактации, массовая доля жира (%) и массовая доля белка (%). При использовании данных показателей рассчитан продуктивный индекс. Телосложение животных оценивали в период с 90-го по 150-й день лактации с помощью измерения и расчета индекса типа телосложения и индекса тазобедренной области. Пользуясь рекомендациями профессора В. О. Витта, для оценки экстерьера и установления типа телосложения были взяты такие промеры, соотношение которых, мало меняясь с возрастом животного, могло бы охарактеризовать наследственный тип, присущий данной группе животных, сформированной в определенных

условиях среды. Для вычисления индексов телосложения выбраны промеры, которые в процессе онтогенетического развития изменялись параллельно, а сам индекс оставался относительно постоянным [15].

Экстерьер оценивали по следующим промерам: высота в холке, прямая длина туловища, глубина груди, ширина груди, глубина туловища в пояснице, ширина в маклоках, ширина зада в седалищных буграх, прямая длина тазобедренной области, длина крестца, обхват пясти. Указанные параметры наиболее точно характеризуют габариты (каркас) животного. Для более полной оценки типа телосложения животных рассчитан экстерьерный индекс и индекс тазобедренной области по формулам, разработанным С. Д. Батановым и И. А. Барановой.

Экстерьерные параметры определены методом обработки изображений, полученных с помощью сенсора глубины – Structure Sensor 3D. Сенсор глубины представляет собой камеру, которая крепится к планшетному устройству и позволяет захватывать трехмерное изображение объектов. Программное обеспечение для сенсора позволяет получать информацию о расстоянии между объектами, расстояние от камеры до объекта и определять любой линейный размер самого объекта в режиме реального времени. Главное преимущество использования сенсора глубины заключается в том, что имеется возможность определения размеров объекта без стрессового воздействия на животных. Из полученной модели животного были определены все исследуемые экстерьерные параметры.

На основе исходных данных проведен однофакторный дисперсионный анализ и определена степень влияния параметров экстерьера на формирование телосложения и продуктивных качеств крупного рогатого скота.

**Результаты исследования.** Стабилизация и дальнейшее развитие молочного скотоводства должны опираться на ускорение научно-технического прогресса по всем направлениям. Одной из важнейших сфер научного поиска является совершенствование существующих технологий в кормлении, содержании, оценке и отборе животных. При интенсификации животноводства возрастает значение способности животных адаптироваться к внешним условиям и в связи с этим повышается важность оценки экстерьерно-конституциональных особенностей, как свойства животных индивидуально реагировать на влияние изменяющих-

ся условий внешней среды. Продуктивность и экстерьер взаимосвязаны между собой и отражают обмен веществ, свойственный каждому индивиду.

Проведенная нами оценка экстерьерных параметров коров показала, что животные имеют крепкое, растянутое и глубокое туловище, хорошие параметры развития тела в высоту, правильно поставленные передние и задние конечности. Животные характеризовались хорошей адаптивностью к промышленной технологии производства молока.

Анализ возрастной динамики изменения параметров телосложения коров выявил биологическую закономерность увеличения экстерьерных промеров. При этом следует отметить, что величина индекса телосложения и индекса тазобедренной области существенно не изменилась и осталась в пределах статистической погрешности, что свидетельствует о достоверности выбранной методики для определения этих показателей. Полученные результаты показывают, что средний экстерьерный индекс телосложения и индекс тазобедренной области в изучаемой выборке коров являются величиной относительно постоянной и варьируются между группами коров разного возраста в лактациях в пределах 0,6 % и 0,9 %.

Основным критерием оценки биологических особенностей крупного рогатого скота молочных пород является уровень молочной продуктивности и качественные показатели молока.

Исследования молочной продуктивности в совокупной выборке показали, что в анализируемой популяции коров выявлен достаточно высокий уровень молочной продуктивности. Удой за 305 дней 1 лактации в среднем составил 6085,12 кг молока, а по полновозрастным лактациям – 2, 3, 4 лактации – 7047,56 кг с содержанием жира и белка в молоке соответственно 4,08 %; 3,86 % и 3,02; 3,03% %. Продуктивный индекс составил 6765,17 кг и 7628,52 кг.

Оценка по экстерьеру необходима для познания биологических и хозяйственно-полезных особенностей животных, так как экстерьер служит внешним выражением конституции и телосложения, следовательно, предрасположенности к определенному уровню продуктивности. Экстерьер и конституция оказывают большое влияние на продуктивные, а значит и на племенные качества животных. В связи с этим представляет определенный интерес изучения взаимосвязи между экстерьерными параметрами и молочной продуктивностью коров.

Для выявления взаимосвязи молочной продуктивности с параметрами экстерьера все поголовье полновозрастных коров по отдельно взятому промеру с учетом величины показателя было разделено на 3 группы: 1 группа – с низким показателем; 2 группа – со средними величинами показателя; 3 группа – с высоким значением показателя. Анализ экстерьерных параметров коров выявил, что коровы с разным уровнем продуктивности имеют некоторые отличия в телосложении. Существенное влияние на величину удоя за 305 дней лактации оказали такие промеры, как прямая длина туловища, ширина в маклаках, обхват пясти, длина крестца. Высокими удоями обладали коровы с более удлиненным туловищем – на 4,9 % и 9,5 % ( $P < 0,05$ ) и средней величиной длины крестца – на 6,8 % ( $P < 0,05$ ) и 10,7 % ( $P < 0,01$ ), а также имеющие широкотелый конституциональный тип по ширине в маклаках – на 2,0 % и 7,5 % ( $P < 0,05$ ) и обладающие средним уровнем развития костной системы (промер обхват пясти – на 0,7% и 7,2 % ( $P < 0,05$ )).

Определенное влияние на качественные показатели молока – массовую долю жира (%), белка (%) и на продуктивный индекс оказали такие промеры, как глубина груди, ширина в маклаках, обхват пясти, глубина туловища в пояснице, ширина в седалищных буграх, длина крестца и длина тазобедренной области. Относительно высокое содержание жира в молоке – на 0,05 % и 0,12 % ( $P < 0,05$ ) имели коровы, обладающие более глубокой грудью, высокое содержание белка в молоке – на 0,03 % выявлено у коров с низкой величиной данного экстерьерного параметра при недостоверной разнице (на 1,9 % и 3,9 %) по продуктивному индексу. Но высокие показатели содержания белка в молоке – на 0,01 % и 0,03 % ( $P < 0,05$ ) и продуктивного индекса – на 3,0 % и 10,3 % ( $P < 0,01$ ) имели коровы, обладающие средней величиной промера – обхват пясти, как промера, характеризующего степень развития скелета.

Молочный скот, гармонично развитый по экстерьеру и с крепкой конституцией, имеет хорошо развитую заднюю часть туловища с длинным и почти ровным крестцом, широкую в маклаках, тазобедренных суставах и седалищных буграх.

Исследованиями установлено, что коровы с низким уровнем величины промера «глубина в пояснице» обладают более высоким уровнем массовой доли жира в молоке – на 0,05 % и 0,09 % ( $P < 0,05$ ) и продуктивного индекса соответственно на 7,1 % ( $P < 0,05$ ) и 7,5 % ( $P < 0,05$ ). Достовер-

но высокое превосходство имели коровы, обладающие высокой величиной длины тазобедренной области, они превосходили своих сверстниц с низким уровнем данного экстерьерного параметра по массовой доле жира в молоке на 0,22 % ( $P < 0,01$ ) и продуктивному индексу на 6,1 % ( $P < 0,05$ ). Оценивая степень влияния ширины в маклаках, выявлены лучшие показатели у широкотелых коров по величине массовой доли жира в молоке на 0,19 % ( $P < 0,05$ ) и 0,27 % ( $P < 0,01$ ) и продуктивному индексу соответственно на 6,7 % ( $P < 0,05$ ) и 7,5 % ( $P < 0,05$ ), по ширине зада в седалищных буграх коровы с высокой и средней величиной параметра превосходили своих аналогов с низким уровнем данного показателя по содержанию жира в молоке на 0,25 % ( $P < 0,01$ ) и 0,21 % ( $P < 0,01$ ) и по содержанию белка в молоке соответственно на 0,02 % и 0,03 % ( $P < 0,05$ ). При этом коровы, обладающие максимально широким задом в седалищных буграх, имели достоверно высокий уровень продуктивного индекса на 10,2 %. Коровы, обладающие средней величиной длины крестца, превосходили своих аналогов 1 и 2 группы по продуктивному индексу соответственно на 12,2 % ( $P < 0,01$ ) и 5,7 % ( $P < 0,05$ ).

Отдельно взятые промеры, рассматриваемые изолированно друг от друга, не характеризуют экстерьер животного в целостности. Поэтому в практике чаще всего их выражают в соотношении между собой или в процентах от какого-то основного промера, то есть высчитывают индексы телосложения. Полученные результаты показывают, что лучшую молочную продуктивность имели коровы с высоким экстерьерным индексом типа телосложение. При этом следует отметить, что коровы, обладающие крупным и пропорционально развитым телосложением, достоверно превосходили сверстниц 1 и 2 группы по массовой доле жира в молоке – на 0,21% ( $P < 0,05$ ) и 0,12 % ( $P < 0,05$ ), по массовой доле белка в молоке – на 0,03 % ( $P < 0,05$ ) и 0,04 % ( $P < 0,05$ ), а также по продуктивному индексу соответственно на 5,5 % ( $P < 0,05$ ) и 4,8 % ( $P < 0,05$ ). О гармоничности телосложения свидетельствует индекс тазобедренной области, определяемый как соотношение объема тазобедренной области к длине туловища. В наших исследованиях достоверных различий по показателям молочной продуктивности между группами коров с разным уровнем величины этого экстерьерного параметра не выявлено.

Результатами однофакторного дисперсионного анализа (табл. 1, 2) установлено, что на изучаемые биологические признаки фактор «про-



мер» оказывал влияние с разной силой от 0,3 % до 12,2 %. При этом существенное влияние на удой коров за 305 дней лактации оказывали такие промеры, как длина тазобедренной области (6,1 %), длина крестца (5,2 %) и прямая длина туловища (4,6 %). Выявлено высокое влияние на содержание жира в молоке (%) промеров: ширина в маклаках (12,2 %), ширина зада в седалищных буграх (11,5 %), прямая длина туловища (8,7 %), на содержание белка в молоке (%): высота в холке (6,4 %), ширина в маклаках (4,7 %) и глубина груди (4,6 %). Продуктивный индекс как показатель, свидетельствующий о комплексной характеристике молочной продуктивности коров, находится под суще-

ственным влиянием экстерьерных параметров: длина тазобедренной области (10,5%) и прямая длина туловища (9,2 %).

Анализ биологических признаков корове разным уровнем телосложения показал, что сила влияния фактора «индекс типа телосложения» была на относительно невысоком уровне и варьировала в пределах 0,3–2,9 %, а «индекс тазобедренной области» соответственно 0,2–7,7 %. Следует отметить наиболее высокое влияние фактора «индекс типа телосложения» и «индекс тазобедренной области» на параметры, характеризующие качественные показатели молока – массовую долю жира в молоке (2,9 % и 7,7 %) и массовую долю белка в молоке (1,4 % и 2,9 %).

Таблица 1 – Результаты расчета однофакторного дисперсионного анализа

Результативный признак	Показатель силы влияния фактора «Высота в холке»		Показатель силы влияния фактора «Полуобхват тазобедренной области»		Показатель силы влияния фактора «Ширина груди»		Показатель силы влияния фактора «Глубина груди»		Показатель силы влияния фактора «Ширина в маклаках»		Показатель силы влияния фактора «Ширина зада»	
	$\eta_x^2$	P	$\eta_x^2$	P	$\eta_x^2$	P	$\eta_x^2$	P	$\eta_x^2$	P	$\eta_x^2$	P
Удой за лактацию	0,014 ± 0,010	Более 0,05	0,046 ± 0,010	0,01	0,006 ± 0,010	Более 0,05	0,020 ± 0,010	Более 0,05	0,032 ± 0,010	0,05	0,019 ± 0,010	0,05
Жир	0,002 ± 0,011	Более 0,05	0,087 ± 0,010	0,01	0,016 ± 0,010	Более 0,05	0,024 ± 0,011	0,01	0,122 ± 0,010	0,01	0,115 ± 0,009	0,01
Белок	0,064 ± 0,010	0,01	0,022 ± 0,010	0,01	0,011 ± 0,010	Более 0,05	0,046 ± 0,011	0,01	0,047 ± 0,010	0,01	0,038 ± 0,010	0,01
Продуктивный индекс	0,011 ± 0,011	Более 0,05	0,092 ± 0,009	0,01	0,005 ± 0,010	Более 0,05	0,008 ± 0,011	Более 0,05	0,030 ± 0,011	0,05	0,040 ± 0,010	0,01
Индекс типа телосложения	0,279 ± 0,008	0,01	0,104 ± 0,009	0,01	0,009 ± 0,010	Более 0,05	0,048 ± 0,011	0,01	0,023 ± 0,011	0,05	–	–
Индекс тазобедренной области	0,110 ± 0,010	0,01	0,083 ± 0,009	0,01			–	–	0,318 ± 0,008	0,01	0,352 ± 0,06	0,01

Таблица 2 – Результаты расчета однофакторного дисперсионного анализа

Результативный признак	Показатель влияния фактора «Длина тазобедренной области»		Показатель силы влияния фактора «Глубина груди»		Показатель силы влияния фактора «Длина крестца»		Показатель силы влияния фактора «Обхват пясти»		Показатель силы влияния фактора «Индекс типа телосложения»		Показатель силы влияния фактора «Индекс тазобедренной области»	
	$\eta_x^2$	P	$\eta_x^2$	P	$\eta_x^2$	P	$\eta_x^2$	P	$\eta_x^2$	P	$\eta_x^2$	P
Удой за 305 дней лактации	0,061 ± 0,012	0,01	0,029 ± 0,010	0,05	0,052 ± 0,010	0,01	0,025 ± 0,010	0,05	0,003 ± 0,010	Более 0,05	0,010 ± 0,011	Более 0,05
Содержание жира	0,034 ± 0,011	0,01	0,004 ± 0,011	Более 0,05	0,013 ± 0,011	0,05	0,005 ± 0,011	Более 0,05	0,029 ± 0,010	0,01	0,077 ± 0,010	0,05
Содержание белка	0,001 ± 0,012	Более 0,05	0,026 ± 0,011	0,05	0,038 ± 0,011	0,01	0,017 ± 0,010	0,05	0,014 ± 0,010	0,01	0,029 ± 0,010	0,01
Продуктивный индекс	0,105 ± 0,010	0,01	0,024 ± 0,011	Более 0,05	0,048 ± 0,010	0,01	0,042 ± 0,011	0,01	0,005 ± 0,010	Более 0,05	0,002 ± 0,011	Более 0,05
Индекс типа телосложения	–	–	–	–	–	–	0,052 ± 0,010	0,01	–	–	–	–
Индекс тазобедренной области	0,067 ± 0,011	0,01	0,125 ± 0,009	0,01	0,137 ± 0,009	0,01	–	–	–	–	–	–

**Выводы.** Таким образом, типизация (выравненность) скота по экстерьерным признакам необходима для унификации способов содержания, кормления и доения животных в условиях промышленной технологии. При этом различия между животными могут отрицательно сказываться на элементах технологии. В результате дисперсионного анализа установлено с высокой достоверностью влияние на молочную продуктивность как отдельных параметров экстерьера, так и в целом телосложения коров. Использование цифровых технологий и новых методов при оценке биологических особенностей животных позволит в производственных условиях с большей точностью характеризовать телосложение и выявить взаимосвязи между экстерьерными и продуктивными признаками молочного скота. При этом правильное применение результатов оценки будет способствовать повышению удоев и продуктивному долголетию коров, а также качественным показателям молока.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-016-00192.**

#### Список литературы

- Арзумян, Е. А. Основы экстерьера крупного рогатого скота / Е. А. Арзумян. – М.: Сельхозиздат, 1957. – 305 с.
- Батанов, С. Д. Наследование и взаимосвязь экстерьерных параметров крупного рогатого скота черно-пестрой породы / С. Д. Батанов, О. С. Старостина, М. М. Шайдуллина // Зоотехния. – 2020. – № 9. – С 11–15.
- Басонов, О. А. Экстерьерно-конституциональные особенности коров черно-пестрой породы разных генотипов / О. А. Басонов, А. В. Клипова, Н. П. Шкилев // Зоотехния. – 2018. – № 11. – С. 5–8.
- Валитов, Х. З. Продуктивное долголетие коров в условиях интенсивной технологии производства молока / Х. З. Валитов, С. В. Карамеев. – Самара: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2012. – 322 с.
- Ерёменко, В. И. Способ раннего прогнозирования молочной продуктивности / В. И. Ерёменко, Н. Н. Кердяшов // Зоотехния. – 2006. – № 4. – С. 15–17.
- Зубриянов, В. Ф. Экстерьер и продуктивность черно-пестрого скота поволжского типа / В. Ф. Зубриянов, В. В. Ляшенко, И. М. Морозов // Зоотехния. – 2001. – № 4. – С. 4–6.
- Карамеев, С. В. Особенности роста и развития телок молочных пород в условиях промышленного комплекса / С. В. Карамеев, А. В. Коровин, Л. Н. Бакаева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (40). – С. 137–140.
- Ляшенко, В. В. Оценка типа телосложения высокопродуктивных коров голштинской породы / В. В. Ляшенко, И. В. Ситникова // Нива Поволжья. – 2013. – № 3 (28). – С. 118–123.
- Мартынова, Е. Н. Химический состав молока в зависимости от генотипа животного / Е. Н. Мартынова, С. Д. Батанов // Аграрная наука. – 2004. – № 9. – С. 24.
- Кудрин, М. Р. Производство и переработка продукции крупного рогатого скота / М. Р. Кудрин, О. А. Краснова, Е. В. Хардина, А. Л. Шкляев. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – 124 с.
- Родионов, Г. В. Отбор коров в условиях молочного комплекса / Г. В. Родионов // Зоотехния. – 1995. – № 2. – С. 23–26.
- Технологические свойства молока коров черно-пестрой породы нового типа / А. И. Любимов, Е. Н. Мартынова, В. А. Бычкова, Е. В. Ачкасова, О. С. Уткина // Зоотехния. – 2015. – № 1. – С. 19–21.
- Экстерьерные особенности и молочная продуктивность коров черно-пестрой породы разных генераций / А. И. Любимов, Е. Н. Мартынова [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2018. – № 1. – С. 98–102.
- Batanov, S. D. Beziehungen zwischen Exterieur- und Leistungsmerkmalen beim Milchvieh / S. D. Batanov, I. A. Baranova, O. S. Starostina // Züchtungskunde. – 2020. – № 92 (4). – S. 272–284.
- Holloway, L. Aesthetics, Genetics and Evaluating Animal Bodies: Locating and Displacing Cattle on Show and in Figures / L. Holloway // Environment and Planning D: Society and Space. – 2005. – Vol. 23. – p. 883–902.

#### Spisok literatury

- Arzumanyan, E. A. Osnovy ekster'era krupnogo rogatogo skota / E. A. Arzumanyan. – M.: Sel'hozizdat, 1957. – 305 s.
- Batanov, S. D. Nasledovanie i vzaimosvyaz' ekster'ernyh parametrov krupnogo rogatogo skota cherno-pestroj porody / S. D. Batanov, O. S. Starostina, M. M. SHajdullina // Zootekhniya. – 2020. – № 9. – S 11–15.
- Basonov, O. A. Ekster'erno-konstitucional'nye osobennosti korov cherno-pestroj porody raznyh genotipov / O. A. Basonov, A. V. Klipova, N. P. SHkilev // Zootekhniya. – 2018. – № 11. – S. 5–8.
- Valitov, H. Z. Produktivnoe dolgoletie korov v usloviyah intensivnoj tekhnologii proizvodstva moloka / H. Z. Valitov, S. V. Karamaev. – Samara: Samarskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2012. – 322 s.
- Eryomenko, V. I. Sposob rannego prognozirovaniya molochnoj produktivnosti / V. I. Eryomenko, N. N. Kerdyashov // Zootekhniya. – 2006. – № 4. – S. 15–17.
- Zubriyanov, V. F. Ekster'er i produktivnost' cherno-pestrogo skota povolzhskego tipa / V. F. Zubriyanov, V. V. Lyashenko, I. M. Morozov // Zootekhniya. – 2001. – № 4. – S. 4–6.
- Karamaev, S. V. Osobennosti rosta i razvitiya telok molochnyh porod v usloviyah promyshlennogo kompleksa /

S. V. Karamaev, A. V. Korovin, L. N. Bakaeva // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 2 (40). – S. 137–140.

8. Lyashenko, V. V. Ocenka tipa teloslozheniya vysokoproduktivnykh korov golshtinskoj porody / V. V. Lyashenko, I. V. Sitnikova // Niva Povolzh'ya. – 2013. – № 3 (28). – S. 118–123.

9. Martynova, E. N. Himicheskij sostav moloka v zavisimosti ot genotipa zhivotnogo / E. N. Martynova, S. D. Batanov // Agrarnaya nauka. – 2004. – № 9. – S. 24.

10. Kudrin, M. R. Proizvodstvo i pererabotka produkcii krupnogo rogatogo skota / M. R. Kudrin, O. A. Krasnova, E. V. Hardina, A. L. SHklyayev. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2019. – 124 s.

11. Rodionov, G. V. Otbor korov v usloviyah molochnogo kompleksa / G. V. Rodionov // Zootekhniya. – 1995. – № 2. – S. 23–26.

12. Tekhnologicheskie svoystva moloka korov cherno-pestroj porody novogo tipa / A. I. Lyubimov, E. N. Martynova, V. A. Bychkova, E. V. Achkasova, O. S. Utkina // Zootekhniya. – 2015. – № 1. – S. 19–21.

13. Ekster'ernye osobennosti i molochnaya produktivnost' korov cherno-pestroj porody raznykh generacij / A. I. Lyubimov, E. N. Martynova [i dr.] // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana. – 2018. – № 1. – S. 98–102.

14. Batanov, S. D. Beziehungen zwischen Exterieur- und Leistungsmerkmalen beim Milchvieh / S. D. Batanov, I. A. Baranova, O. S. Starostina // Züchtungskunde. – 2020. – № 92 (4). – S. 272–284.

15. Holloway, L. Aesthetics. Genetics and Evaluating Animal Bodies: Locating and Displacing Cattle on Show and in Figures / L. Holloway // Environment and Planning D: Society and Space. – 2005. – Vol. 23. – p. 883–902.

### Сведения об авторах:

**Батанов Степан Дмитриевич** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология переработки продукции животноводства», проректор по дополнительному образованию, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: stepanbatanov@mail.ru).

**Баранова Ирина Андреевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Автоматизированный электропривод», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: zykina\_i@mail.ru).

**Старостина Ольга Степановна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технология переработки продукции животноводства», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: starostinao.starostinat@yandex.ru).

**Шайдуллина Миляуша Минирахмановна** – аспирант кафедры «Технология переработки продукции животноводства», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: milyausha8787@mail.ru).

S. D. Batanov, I. A. Baranova, O. S. Starostina, M. M. Shaidullina  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

### AN INNOVATIVE METHOD FOR PREDICTING THE PRODUCTIVITY OF DAIRY COWS

*Improvement of the genetic potential in terms of cows' productivity and creation of high milk-yield cattle with good health and long productive lifetime characteristics is impossible without systematic evaluation of such traits as milk-yield, exterior, and constitution type. The aim of the researches conducted was to study the trends in exterior traits and genetic selection parameters changes that determine the extent of interconnection between cow productivity properties and the type of constitution between the Black-and-White and Kholmogorycows breeds in the Udmurt Republic. The scientific researches based on cow breeding-stocks took place in 2018–2020. Sampled population was equal to 449 specimens. The whole cow population to be analyzed were divided in 3 groups by the productivity level: Level 1 – low (up to 6,000 kg); Level 2 – moderate (from 6,000 to 8,000 kg); Level 3 – high (over 8,000 kg). High milk-yield cows were bigger in height – withers height by 1.5 % and 1.4 % ( $P < 0.05$ ) – and had more elongated body (by 1.0 % and 0.8 %) as compared to the specimens from the 1<sup>st</sup> and the 2<sup>nd</sup> groups. Low milk-yield cows (up to 6,000 kg) had short stature and were of a big-boned constitution type with a better-developed skeleton. They had greater values of such parameters as the chest width (by 1.6 %), wide hip width (by 7.3 %,  $P < 0.01$ ), width of loin (by 13.2 %,  $P < 0.01$ ), and metacarpus girth (by 3.2 %,  $P < 0.05$ ). The cows with productivity level exceeding 8,000 kg of milk per 305 days of lactation had proved relatively high value of the Pelvic arch length (by 2.0 % and 2.3 %,  $P < 0.05$ ) and the depth of loin (by 1.3 % and 1.5 %) though with insignificant difference in rump bone length. The lowest value of the mean exterior index of the constitution type (by 3.0 %,  $P < 0.05$ ) had high milk-yield cows that witnesses the constitution proportionality, namely, optimal relation between the body volume and the height of a cow. Moreover, the Pelvic arch index – the ratio of the Pelvic arch volume to the body length – is also the evidence of harmonious constitution. High milk-yield cows demonstrated this index to be the lowest (by 3.8 %,  $P < 0.01$ ) and had more harmonious constitution.*

**Key words:** exterior; cow constitution type; cow constitution index; Pelvic arch index; genetic selection parameters; cow milk-yield.

**Authors:**

**Batanov Stepan Dmitrievich** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Head of the Department of Technology of Livestock Products Processing, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: [stepanbatanov@mail.ru](mailto:stepanbatanov@mail.ru)).

**Baranova Irina Andreyevna** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor at the Department of Automated Electric Drive, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: [zykina\\_i@mail.ru](mailto:zykina_i@mail.ru)).

**Starostina Olga Stepanovna** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Livestock Products Processing, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: [starostinao.starostinat@yandex.ru](mailto:starostinao.starostinat@yandex.ru)).

**Shaidullina Milyausha Minirakhmanovna** – Postgraduate, Department of Technology of Livestock Products Processing, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: [milyausha8787@mail.ru](mailto:milyausha8787@mail.ru)).

УДК 636.15.082.2

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_2\_11

А. В. Борисова

ФГБНУ ВНИИ коневодства, пос. Дивово, Рязанская область

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ ЖЕРЕБЦОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РУССКОЙ ТЯЖЕЛОВОЗНОЙ ПОРОДЫ ЗА 2020 ГОД

*Успешное развитие любой породы невозможно без сохранения ее генетического разнообразия при одновременном жестком отборе и использовании только ценных генотипов. Основная роль в этом вопросе отводится оценке производителей по качеству потомства. Поэтому необходимо постоянно совершенствовать и корректировать применяемые методики оценки в соответствии с изменяющимися социально-экономическими условиями. Оценка производителей по качеству потомства проводится по комплексу селекционируемых в породе признаков, не имеющих между собой высокой положительной корреляции. Методика оценки жеребцов, тяжеловозных по качеству потомства, базируется на обобщении и анализе основных показателей, характеризующих хозяйственно-полезные признаки тяжеловоза (типичность, промеры, экстерьер), по которым ведется оценка племенного молодняка в хозяйствах.*

*Материалом исследований являлись данные зоотехнической бонитировки лошадей русской тяжеловозной породы основных племенных хозяйств. Оценка производилась согласно методическим рекомендациям для заводских пород, селекционируемым по комплексу признаков.*

*В 2020 году было оценено 15 жеребцов-производителей русской тяжеловозной породы по 286 головам приплода. По данным ранжирования были выделены жеребцы-производители «улучшатели», и производители посредственные и худшие.*

*Для дальнейшей работы с русской тяжеловозной породой необходимо учитывать результаты оценки жеребцов по качеству потомства и проводить как можно более раннюю оценку жеребцов по их племенной ценности.*

**Ключевые слова:** русская тяжеловозная порода; оценка; производители; качество потомства; ранжирование; тип; экстерьер; промеры

**Актуальность.** Оценке племенной ценности жеребцов-производителей отводилась существенная роль на всех исторических этапах развития заводских пород лошадей [1, 4, 6]. В практике отечественного конезаводства этот метод впервые был применен в конце XVIII века при создании первой культурной породы в России – орловского рысака [5, 7]. Однако оценку производителей по потомству как метод племенной работы в системе совершенство-

вания орловской рысистой породы регулярно стали проводить с 60-х годов прошлого столетия. Выявление племенной ценности производителей, организация рационального использования лучших по генотипу жеребцов стали залогом успешной эволюции породы. В основе современной оценки генотипа жеребцов лежат методические принципы, разработанные сотрудниками отдела селекции ВНИИ коневодства [4].

Русская тяжеловозная порода является наиболее многочисленной отечественной тяжеловозной породой. Ценными биологически и хозяйственными качествами русских тяжеловозов являются их долговечность и высокая плодовитость. Срок племенной службы многих лучших жеребцов и кобыл продолжается до 25-летнего возраста.

Зажеребляемость кобыл при нормальных условиях содержания – высокая. Выход жеребят составляет в конных заводах 80–85 %, а в наиболее благоприятные годы достигает 90–95 %.

Русские тяжеловозы в полной мере отвечают потребностям сельского хозяйства по своим рабочим качествам, так как обладают достаточной грузоподъемностью, подвижностью и выносливостью. Они отличаются уравновешенным темпераментом, добрым нравом и послушанием – очень ценными качествами для рабочей лошади. Эти же качества и достаточно высокая молочность кобыл позволяет считать русского тяжеловоза наиболее подходящей породой и для кумысных ферм [2].

**Цель исследования.** Выявить лучших в племенном отношении производителей русской тяжеловозной породы, способных давать потомство желательного качества.

**Материал и методы исследований.** Материалом исследований являются данные зоотехнической бонитировки лошадей русской тяжеловозной породы основных племенных хозяйств. Оценка производилась согласно методическим рекомендациям для заводских пород, селекционируемым по комплексу признаков. В оценку были включены жеребцы-производители, имеющие от 10 и более потомков, достигших 2,5 лет. Оценка основных признаков проводилась по 10-балльной оценке.

Методика оценки жеребцов, тяжеловозных по качеству потомства, базируется на обобщении и анализе основных показателей, характеризующих хозяйственно-полезные признаки тяжеловоза (типичность, промеры, экстерьер), по которым ведется оценка племенного молодняка в хозяйствах.

Существенным недостатком оценки молодняка является отсутствие характеристики рабочих качеств, которая должна быть включена в оценку при восстановлении заводских испытаний молодняка.

Оценка жеребцов-производителей тяжеловозных проводится следующими методами:

1. Сравнение между собой групп приплода, получаемого от разных производителей.

Оценка ведется по всему приплоду, достигшему возраста 3-х лет, ежегодно нарастающим итогом.

2. Большое значение придается более раннему установлению объективной племенной ценности производителя. Оценить производителя необходимо как можно раньше, но не менее чем по 10 головам приплода.

**Принцип ранжирования.** При необходимости вести параллельную оценку по комплексу признаков встает вопрос об определении общей племенной ценности производителя. Общая племенная ценность производителя определяется путем суммирования уровней развития у его потомства основных селекционируемых признаков.

Такое суммирование становится возможным, если оценка по каждому признаку проводится путем ранжирования.

Суть ранжирования состоит в том, что в зависимости от уровня развития в породе селекционируемого признака и его изменчивости, выделяют 10 рангов, каждый из которых соответствует определенному среднему признаку у потомства оцениваемых производителей. Чем выше сумма рангов, тем выше его общая племенная ценность.

Типичность и правильность экстерьера оценивается в баллах.

Промеры изменяются в сантиметрах, потом оцениваются в баллах согласно бонитировке.

С учетом средней оценки для породы и распределения средних оценок потомства производителя проводится ранжирование производителей по типу, экстерьеру и промерам их потомства.

Приняты следующие значения рангов:

- X – 8,5 и выше;
- IX – 8,0–8,49;
- VIII – 7,5–7,9;
- VII – 7,0–7,49;
- VI – 6,5–6,9;
- V – 6,0–6,49;
- IV – 5,5–5,9;
- III – 5,0–5,49;
- II – 4,5–4,9;
- I – 4,0–4,49.

Производители, у которых потомство имеет одинаковое значение того или иного признака, относятся к одному и тому же рангу.

После того как проведено ранжирование по каждому признаку, устанавливается общая племенная ценность производителя и он относится к той или иной категории.

*Категории производителей.*

Сумма рангов:

- от 28 до 30 – лучшие;
- от 27 до 25 – ценные;
- от 24–22 – полезные;
- от 21 до 17 – посредственные;
- от 16 и ниже – худшие.

**Результаты исследований.** В 2020 году было оценено 15 жеребцов-производителей русской тяжеловозной породы по 286 головам приплода.

Анализ бонитировочных данных показал, что наиболее ценными по качеству приплода являются жеребцы: *Липун*, производитель СПК ПКЗ «Вологодский», и жеребец *Партнер*, производитель ООО «Дружба» (табл. 1). Оценка жеребца Липуна уже окончательная, так как он выбыл.



Рисунок 1 – Жеребец 1807 Логарифм, 2007 г. (Гипюр – Лильма), фото А. Борисовой

Высоко оценен производитель СПК ПКЗ «Вологодский» жеребец *Логарифм*. Его приплод отличается крупным ростом, хорошими экстерьерными качествами, типичен. Средняя оценка лошадей, рожденных от него: за тип – 8,56 балла, за экстерьер – 8,64 балла, за промеры – 9,00 баллов.

От него получена абсолютная чемпионка чемпионата в рамках МКВ «Конная Россия-2018» – кобыла Талица, призёрша ринг-выводки в рамках фестиваля «Рабочая лошадь-2019» – кобыла Рулла.

В ранге ценных оказался и производитель СПК ПКЗ «Вологодский» *Карсун*. Карсун дает крупных жеребят, что очень ценится. Такие интересные жеребцы, как *Ранец*, *Санитар*, используются в ПКЗ «Кюединский», и их низкая оценка прежде всего обусловлена нарушением технологии выращивания молодняка. Поэ-

тому, несмотря на полученные ими невысокие оценки, следует продолжать их использование в заводе. Тем более Санитар – последний представитель линии Рубина.

К посредственным производителям отнесены жеребцы ПКЗ «Граховский» *Карниз* и *Кунак*. Их приплод мелкий, имеет ряд экстерьерных недостатков, недостаточно типичен.

К посредственным производителям отнесен и жеребец Корт, состоявший в штате производителей Горно-Алтайского СИЦ. Приплод от него получен крупный, но малопородный, с грубой «тяжелой» головой, с плохим крупом. Оценка этого жеребца окончательная, так как он выбыл из производящего состава.



Рисунок 2 – Жеребец 1793 Карниз, 2003 г. (Ровесник – Крылатка), фото А. Борисовой



Рисунок 3 – Жеребец Либерал, 2011 г. (Липун – Либелла) СПК ПКЗ «Вологодский», фото А. Борисовой

Таблица 1 – Распределение жеребцов-производителей русской тяжеловозной породы в зависимости от их племенной ценности

№ п/п	Кличка производителя	Место использования	Количество полученного приплода. ср. балл	Оценка за тип		Оценка за экстерьер		Оценка за промеры		Сумма рангов
				ранг	Ср. балл	ранг	Ср. балл	ранг		
Лучшие										
1	1807 Логарифм	СПК ПКЗ «Вологодский»	77	8,56	IX	8,64	IX	9,00	X	28
2	1817 Патрон	ООО «Дружба»	66	8,44	IX	8,00	IX	9,0	X	28
3	1706 Липун	СПК ПКЗ «Вологодский»	96	8,24	IX	8,05	IX	9,53	X	28
4	1772 Планер	СПК ПКЗ «Вологодский»	159	8,19	VIII	8,09	VIII	9,0	X	26
Ценные										
5	1794 Карсун	СПК ПКЗ «Вологодский»	74	7,94	VIII	7,85	VIII	9,00	X	26
6	Либерал, 2014 г.	СПК ПКЗ «Вологодский»	17	7,90	VII	7,70	IX	8,0	IX	26
7	0023 Норильск	ч/вл. Закиров Ж.	44	8,0	IX	7,5	VIII	8,5	IX	26
8	1806 Лиловый	ООО «Дружба»	35	7,84	VIII	7,85	VII	8,5	IX	25
9	1752 Глупыш	ООО «Дружба»	88	8,4	IX	7,85	VII	8,0	IX	25
Полезные										
10	1804 Ласковый	ПКЗ «Куединский»	43	7,83	VII	8,0	IX	8,0	VIII	24
11	1779 Санитар	ПКЗ «Куединский»	85	7,75	VIII	7,7	VIII	7,5	VIII	24
12	1773 Ранец	ПКЗ «Куединский»	90	7,8	VIII	7,3	VII	7,5	VIII	23
Посредственные										
13	1793 Карниз	ПКЗ «Граховский»	28	7,49	VII	7,5	VII	7,2	VII	21
14	1801 Кунак	ПКЗ «Граховский»	30	7,25	VII	7,0	VII	7,1	VII	21
15	1799 Корт	БУ РА «СИЦ»	85	7,15	VI	7,0	VII	8,0	VIII	21

**Выводы:**

1. Рекомендуются организация более ранней оценки жеребцов-производителей по качеству потомства, а также увеличение интенсивности использования жеребцов-производителей, что приведет к более быстрой смене поколений.

2. Наиболее высокоценными производителями признаны представители лидирующей линии в породе – линии Градуса (это Липун и Партнер).

3. Некоторые жеребцы не вполне отвечают всем требованиям, предъявляемым к заводским производителям, но в связи с отсутствием более качественных жеребцов продолжают использоваться в хозяйствах.

**Список литературы**

1. Борисова, А. В. Анализ линейной структуры в русской тяжеловозной породе / А. В. Борисова // Коневодство и конный спорт. – 2015. – № 2. – С. 13–15.
2. Борисова, А. В. Современное состояние популяции лошадей русской тяжеловозной породы с учетом требований рынка / А. В. Борисова // Сборник докладов международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 50–53.
3. Калинкина, Г. В. Эффективность использования оценки племенной ценности производителей в селекции орловского рысака / Г. В. Калинкина, В. В. Крешихина // Коневодство и конный спорт. – 2013. – № 6. – С. 10–14.
4. Киборт, М. И. Методические рекомендации по оценке жеребцов-производителей по качеству потомства для пород лошадей, селекционируемых

по комплексу признаков / М. И. Киборт, Г. А. Рождественская, Э. М. Пэрн. – Дивово: Изд-во ВНИИК, 1984. – 12 с.

5. Сорокина, И. И. Селекционная программа по совершенствованию лошадей русской тяжело-возной породы на 1990–1999 гг. / И. И. Сорокина, О. С. Милько. – ВНИИК, 1989.

6. Цопанова, А. В. Использование оценки жеребцов-производителей по качеству потомства для совершенствования племенного ядра буденновской породы / А. В. Цопанова, А. А. Николаева // Коневодство и конный спорт. – 2010. – № 3. – С. 15–17.

7. Uskov, G. E. The use of the stud-horses' evaluation by the quality of progeny in budyonny horse breeding / G. E. Uskov, A. V. Tsopanova // Advances in Agricultural and Biological Sciences. – 2016. – Т. 2. – № 6. – P. 39–46.

### Spisok literatury

1. Borisova, A. V. Analiz linejnoy struktury v russkoj tyazhelovoznoj porode / A. V. Borisova // Konevodstvo i konnyj sport. – 2015. – № 2. – S. 13–15.

2. Borisova, A. V. Sovremennoe sostoyanie populyacii loshadej russkoj tyazhelovoznoj porody s uchetom trebovanij rynka / A. V. Borisova // Sbornik dokladov

mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – 2019. – S. 50–53.

3. Kalinkina, G. V. Effektivnost' ispol'zovaniya ocenki plemennoj cennosti proizvoditelej v selekcii orlovskogo rysaka / G. V. Kalinkina, V. V. Kreshihina // Konevodstvo i konnyj sport. – 2013. – № 6. – S. 10–14.

4. Kibort, M. I. Metodicheskie rekomendacii po ocenke zherebcov-proizvoditelej po kachestvu potomstva dlya porod loshadej, selekcioniruemyh po kompleksu priznakov / M. I. Kibort, G. A. Rozhdestvenskaya, E. M. Pern. – Divoovo: Izd-vo VNIK, 1984. – 12 s.

5. Sorokina, I. I. Selekcionnaya programma po sovershenstvovaniyu loshadej russkoj tyazhelovoznoj porody na 1990–1999 gg. / I. I. Sorokina, O. S. Mil'ko. – VNIK, 1989.

6. Copanova, A. V. Ispol'zovanie ocenki zherebcov-proizvoditelej po kachestvu potomstva dlya sovershenstvovaniya plemennogo yadra budennovskoj porody / A. V. Copanova, A. A. Nikolaeva // Konevodstvo i konnyj sport. – 2010. – № 3. – S. 15–17.

7. Uskov, G. E. The use of the stud-horses' evaluation by the quality of progeny in budyonny horse breeding / G. E. Uskov, A. V. Tsopanova // Advances in Agricultural and Biological Sciences. – 2016. – Т. 2. – № 6. – R. 39–46.

### Сведения об авторе:

**Борисова Анна Вячеславовна** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФГБНУ ВНИИ коневодства (391105, Российская Федерация, Рязанская область, Рыбновский район, п/о ВНИИК, e-mail: vniik63@mail).

A. V. Borisova

All-Russia Research Institute of Horse Breeding

### THE RESULTS OF A BREEDING VALUE ASSESSMENT FOR STALLIONS-SIRES OF THE RUSSIAN HEAVY DRAFT BREED, 2020

*The success of any breed development is impossible without conservation of its genet-ic diversity with simultaneous strict selection and use of only valuable genotypes. The main role in this issue is assigned to the assessment of stallions-sires based on the quality of the offspring. Therefore, it is necessary to constantly improve and adjust the applied assessment methods in accordance with the changing socio-economic conditions. When assessing breeders follow the quality of the offspring based on a set of traits selected in a breed devoid of a high positive correlation to each other. The methodology of evaluating heavy draft stallions in terms of the quality of the offspring is based on generalization and analysis of the main indicators characterizing economically useful traits of a heavy draft horse (typicality, measurements, exterior) that are used to evaluate the breeding young animals on farms.*

*Material for studies there served the data from zootechnical appraisal of horses of the Russian heavy draft breed, from the key breeding farms. The assessment was carried out according to the methodological recommendations for factory breeds selected by means of a set of features. In 2020, 15 stallions-sires of the Russian heavy draft breed were evaluated for 286 offspring heads. According to the ranging data, stallions-improvers were singled out further followed by the moderate and the worst ones.*

*To further work with the Russian heavy draft breed, it is necessary to take into account the results of the assessment of stallions by the quality of the offspring, and to conduct the earliest possible assessment of the stallions following their breeding value.*

**Key words:** Russian heavy draft breed; assessment; sires; offspring quality; ranking; type; exterior; measurements.

### Author:

**Borisova Anna Vyacheslavovna** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russia Research Institute of Horse Breeding (Rybnovsky District, Ryazanskaya Oblast', Russian Federation, 391105, e-mail: vniik63@mail.ru).



М. И. Васильева<sup>1</sup>, М. В. Злобина<sup>2</sup>, Н. П. Казанцева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

<sup>2</sup>ООО «Увинский мясокомбинат»

## ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ СВИНИНЫ С РАЗНЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

*Современное свиноводство продолжает набирать темпы в мясном направлении и характеризуется интенсивной селекцией на повышение мясных качеств у свиней. В результате систематической селекции, наряду с улучшением мясных признаков животных, привела к появлению нежелательных свойств свинины – PSE и DFD. Переработка свинины с синдромом PSE – трудоемкий процесс и требует тщательного подбора влагосвязывающих ингредиентов, направленных на стабилизацию дисперсных систем, улучшение структурно-механических характеристик продукта.*

*В связи с этим целью исследований является проведение сравнительной оценки качества ветчины, вырабатываемой из PSE-свинины с использованием влагосвязывающих ингредиентов разной природы.*

*Приводятся результаты комплексной оценки качества ветчины из свинины с аномальным ходом автолиза с использованием синтетических и нативных структурообразователей. Ветчина из PSE-свинины с применением 1,8 % инжектата уступала контролю по консистенции (мягкая, рыхлая); в образце с содержанием 1,3 % инжектата и 0,5 % арабиногалактана отмечается мягкая консистенция, выявляется дефект – бульонный отек. По физико-химическим и микробиологическим показателям исследуемые образцы ветчины соответствовали требованиям нормативной документации.*

*Установлено, что использование арабиногалактана в количестве 0,5 % совместно с фосфатсодержащей добавкой в технологии производства ветчины позволяет получить безопасный в микробиологическом отношении продукт, однако используемая дозировка АГ не эффективна в переработке свинины с явным синдромом PSE.*

**Ключевые слова:** гибридный молодняк; выбракованные свиноматки; убойная масса; активная кислотность; свинина; ветчина; PSE; фосфаты; арабиногалактан; органолептические характеристики; массовая доля влаги; микробиология продукта.

**Актуальность.** Во многих странах мира за показатель качества питания принято считать уровень обеспеченности населения страны белком, и прежде всего животного происхождения. Для удовлетворения постоянно возрастающего спроса населения нашей страны в продуктах питания агропромышленный комплекс должен обеспечивать непрерывное увеличение его производства. Значительная роль в решении этой проблемы отводится увеличению производства продуктов животноводства, мяса – важнейшего источника незаменимых аминокислот, жиров, минеральных и экстрактивных нутриентов, представленных в нем в сбалансированном соотношении и усвояемых организмом [7].

В Российской Федерации при ограниченности материальных и финансовых ресурсов устойчивое обеспечение населения мясом зависит от развития базовых отраслей сельского хозяйства, в том числе и такой зерноемкой, но сравнительно скороспелой отрасли животноводства, как свиноводство. Современное свиноводство является ведущей отраслью животноводства, занимающая второе место в мясном балансе [3, 6].

В условиях сурового климата России мясосальная свинина – это незаменимая составляющая колбасных изделий, производство которых находится на достаточно высоком уровне при традиционно высоком спросе на них населения, а в последние годы во многих странах отмечается широкое использование свинины в производстве ветчины в банках.

Данные многолетней практики мясоперерабатывающих предприятий, представленные ВНИИ мясной промышленности, показывают, что для реализации программы по выпуску колбасных изделий, копченых деликатесов и консервов объем свинины в переработке должен составлять 25–30 % в сравнении с другими видами мясного сырья. Но, учитывая, что в ассортименте мясных изделий 30 % приходится еще на долю охлажденных крупнокусковых полуфабрикатов, в этом случае общий объем поступающей на переработку свинины должен быть на уровне 36–40 %. При таком использовании свинины наиболее желательным соотношением считается: 71–75 % – мясной, 15–17 % – жирной и 10–12 % – беконной [6].

Отечественное и зарубежное свиноводство на протяжении многих лет, работая под запросы предприятий, набирает темпы в мясном направлении и характеризуется интенсивной селекцией на повышение мясных качеств у свиней. В результате систематической селекции на повышение мясности были улучшены мясные признаки свиней большинства пород, но, как стали подмечать зарубежные исследователи, селекционеры не уделяли внимания отбору стресс-устойчивых животных, что привело к появлению у свиней определенных нежелательных качеств [10].

Животные, дающие высокий выход мяса в тушах, часто имеют специфические конституциональные недостатки, у них наблюдается повышенная нервная возбудимость, приводящая к ощутимым потерям продуктивности и снижению качественных характеристик свинины [11].

Качество свинины, которое формируется при интенсивном повышении мясности свиней, подразделяется на две категории: синдром PSE (бледная, мягкая и водянистая) и синдром DFD (темная, плотная и сухая). Первый синдром встречается чаще второго и связан с ускоренным разложением мышечного углевода с образованием молочной кислоты и, соответственно, падением pH в первые 60 мин. с 7,0–7,3 ед. до 5,5–5,9 ед. Повышенная кислотность в еще функционирующих клетках мышц совместно с высокой температурой, обусловленной недостаточным поступлением в кровь сосудорасширяющих гормонов, вызывают нарушение структуры белков, что ведет к резкому снижению влагоудерживающей способности мяса и переходу его красной пигментации в палевую. Туши свиней в результате действия синдрома PSE быстро подвергаются окоченению, что сильно затрудняет снятие шкур и послеубойную их обработку. Кроме того, такие туши подвержены ускоренному охлаждению, в результате чего происходит сжатие мышц, ведущее к излишней потере влаги при хранении. Полученное мясо малопригодно для переработки, в особенности для изготовления колбас, консервирования и длительного хранения [2, 4, 7].

Формирование свинины с PSE-свойствами, по-видимому, связано с неспособностью эндокринной системы нормально функционировать в изменившихся условиях организма, наступивших в процессе селекции животных на мясность [4, 7].

Снижение технологических показателей мяса, замена дорогостоящего основного животного белка диктует необходимость использова-

ния в технологии мясных изделий многофункциональных ингредиентов, направленных на стабилизацию дисперсных систем, улучшение структурно-механических характеристик продукта [6, 10].

К числу современных высоко функциональных добавок, широко используемых в производстве деликатесов и ветчин на стадии инъектирования, относят смесь «Инжектал 1520 М». Добавка состоит из фосфатов (Е 450, Е 451 – в пересчете на  $P_2O_5$  – 14,3 %), молочного белка, декстрозы, антиокислителей, каррагина и конжаковой камеди. Присутствующие в составе смеси комплексообразователи и антиокислители значительно снижают потери массы и вероятность расслоения продукта при термообработке, обеспечивая выход готовых изделий на уровне 115–140 %. К сожалению, соли фосфорных кислот, с учетом их многофункциональности, в настоящее время используют также при изготовлении хлебобулочных и молочных изделий, а также в консервировании и заморозке овощей; фосфаты, поступая в организм человека в избыточном количестве, полностью поглощаются и приводят к смещению баланса Р и Са, нарушению пищеварения, аллергическим реакциям, отложениям холестерина на стенках сосудов. Стоит отметить, что присутствующие в составе инъектала синтетические фосфаты не гарантируют безопасность и сохранение биологической ценности готовых изделий.

Поэтому правильный подбор натуральных добавок, проявляющих свойства текстуратора и антиокислителя, является актуальной задачей в области переработки мясного сырья с аномальными свойствами.

Цель исследования – провести сравнительную оценку качества ветчины, вырабатываемой из PSE-свинины с использованием влагосвязывающих ингредиентов разной природы.

Для решения цели были поставлены следующие задачи:

1. Оценить убойные и мясные качества свиней, разводимых в условиях ООО «Туклинский».
2. Осуществить подбор влагосвязывающих ингредиентов.
3. Выработать вареный продукт – ветчину из PSE-свинины и провести анализ качества продукта по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям.

**Материал и методика исследований.** Исследования проводились в условиях ООО «Увинский мясокомбинат» и ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА на кафедре технологии переработки продукции животноводства. Объектом исследо-

вания стала свинина, полученная от трехпородного гибридного молодняка – (ЛхЙ)хД и от выбракованных свиноматок – (ЛхЙ), разводимых в условиях ООО «Туклинский». Убойные качества свиней изучали на основе контрольных убоев (по 5 гол.) в соответствии с ГОСТ 31476-2012 «Свиньи для убоя. Свинина в тушах и полутушах. Технические условия» (убойная масса, масса парной туши, убойный выход, длина полутуши, масса и толщина шпика). Органолептические показатели мясного сырья оценивали согласно ГОСТ 7269-2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести (с поправкой)». Активную кислотность мяса (рН) – с использованием потенциометра рН-410.

Органолептические показатели вареного продукта из свинины проводили согласно ГОСТ 31790-2012 «Продукты из свинины вареные». Физико-химический и микробиологический анализ готовой продукции проводили по ГОСТированным методикам: нитрит натрия – в соответствии с ГОСТ 8558.1-2015 «Продукты мясные. Методы определения нитрита (с поправкой, с изменением № 1)»; хлористый натрий – согласно ГОСТ 9957-2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения содержания хлористого натрия (с поправкой)»; белок – согласно ГОСТ 25011-81 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка»; жир – согласно ГОСТ 23042-2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира (с поправкой)»; влага – согласно ГОСТ 9793-2016 «Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги (с поправкой)»; КМАФАнМ – по ГОСТ 10444.15-94; бактерии группы кишечной палочки (БГКП) – по ГОСТ 31747-2012; сульфитредуцирующие клостридии – по ГОСТ 29185-2014; *S. aureus* – по ГОСТ 31746-2012; патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы – по ГОСТ 31659-2012; *L. monocytogenes* – по ГОСТ 32031-2012.

Многофункциональная смесь «Инжектал 1520 М» выпускается в соответствии с ТУ 9199-021-54899698-05 (ООО «Платинум Абсолют»), в пищевой промышленности его применение регламентировано требованиями СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок».

В качестве органического стабилизатора структуры мясных изделий использовали пищевую добавку «Витарост» (арабиногалактан). Пищевая добавка производится в соответствии с ТУ 9197-002-11779386-16, СанПиН 2.3.21078 и СанПиН 2.3.2.1293 (ООО «Робиос») и соответствует по качеству и безопасности требовани-

ям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»; ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

**Результаты исследований.** Эффективность ведения свиноводства определяется откормочными и убойными качествами молодняка свиней и взрослых свиноматок, они являются основными критериальными показателями продуктивности свиней (табл. 1). В современных условиях возрастает процент выбраковки родительского поголовья из-за напряженной эксплуатации свиней в промышленных комплексах.

Таблица 1 – Убойные качества гибридного молодняка и свиноматок без шкуры

Показатель	Группа	
	(ЛхЙ)хД	ЛхЙ
Предубойная живая масса, кг	110,6 ± 3,98	286,6 ± 8,22
Масса туши, кг	63,6 ± 4,57	164,75 ± 4,73
Убойный выход, %	57,5 ± 0,89	57,5 ± 1,24
Толщина шпика, см	0,88 ± 0,08	2,67 ± 0,17
Масса шпика: хребтового и бокового, кг	–	11,5 ± 0,65
Длина полутуши, см	89,3 ± 0,48	128,3 ± 0,85
Активная кислотность свинины через час (рН <sub>1</sub> ), ед.	6,54 ± 0,03	5,71 ± 0,08
Температура туши, °С	29,5 ± 1,04	37,0 ± 0,71

Гибридный молодняк ((ЛхЙ)хД) отправляют на убой при достижении живой массы 110 кг, при этом масса туши достигает 63,6 кг. В скрещивании свиноматок используют хряков мясной породы, поэтому толщина шпика не превышает 1,0 см, а в процессе обвалки туши молодняка 2 категории шпик не получают.

Масса туши свиноматок в среднем составляет 164,75 кг, в процессе обвалки туш выделяют хребтовый и боковой шпик массой 11,50 кг.

Важным критерием мяса является величина рН, которая позволяет оценить его технологичность, характер созревания и определить принадлежность сырья к следующей сортовой группе – PSE, NOR и DFD.

В полученных результатах водородный показатель мяса молодняка 2 категории в первые 60 мин. снизился незначительно и составил 6,48–6,6 ед., что может соответствовать мясу как с нормальным ходом автолиза, так и с DFD-свойствами. С технологической точки зрения такое мясо по завершении «rigor mortis» будет обладать высокой растворимо-

стью белков, обусловленной низкой кислотностью среды и более высоким объемом свободных миофибриллярных белков, несвязанных в актомиозиновый комплекс. При этом следует помнить, что более щелочная среда в мясе DFD ограничивает сроки хранения мяса, так как практически для всех видов бактерий мышечная ткань недостаточной кислотности является благоприятной средой для их развития.

Значение pH также оказывает влияние на формирование цвета и вкуса, микробиологическую стабильность, выход и консистенцию мяса. Значение pH в мясе свиноматок находилось в диапазоне 5,48–5,84 ед., в 50 % случаях выявляется мясо с ярковыраженными признаками PSE, что подтверждается и температурой тела животных – 38 °С. Такое мясо по структуре волокон очень слабое и частично уже денатурировано, поэтому требует особого подхода при подборе влагосвязывающих ингредиентов, в первую очередь фосфатных добавок.

По органолептическим показателям: внешний вид и цвет поверхности туш/полутуш, мышцы на разрезе, консистенция, цвет, состояние жира и сухожилий – свинина, полученная от молодняка (II категория) и свиноматок (IV категория), соответствовала требованиям ГОСТ 7269-2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести (с поправкой)». Результаты представлены в таблице 2.

На формирование качества ветчины оказывает влияние технологическая линия ее производства, но решающее значение все-таки имеет качество используемого мякотного сырья.

Производство вареного продукта из свинины осуществляли по классической технологии с проведением последовательных технологических

операций: входной контроль, приемка сырья и материалов; подготовка пищевых ингредиентов, добавок, пряностей и материалов; подготовка мясного сырья; разделка, обвалка и жиловка мяса; посол сырья (измельчение сырья на волчке, его массирование в условиях вакуума); формование; термическая обработка; охлаждение; маркировка и упаковка готового мясного продукта.

С учетом качественных особенностей свинины были сформированы следующие образцы ветчины: контрольный образец вырабатывался из свинины 2 категории с применением добавки «Инжектал 1520 М» в количестве 1,8 % от массы несоленого сырья; образец № 1 отличался от контрольного только используемым основным сырьем (свинина 4 категории); основу образца № 2 составила свинина 4 категории с применением 1,3 % фосфатсодержащей добавки и 0,5 % природного полисахарида – арабиногалактана. Смесь инжектал и арабиногалактан в мясную систему вводили на этапе «посол мясного сырья».

Арабиногалактан (АГ) – лиственничный полисахарид, обладающий массой позитивных эффектов: у него самостоятельный как иммуномодулирующий эффект, который достигается через воздействие на бифидо- и лактобактерии в кишечнике человека, так и противовирусный. Биологически активная добавка является эффективным пребиотиком, хорошим переносчиком для малорастворимых и малодоступных молекул (повышает их биодоступность). АГ способствует выводу токсичных веществ из организма, помогает понизить уровень сахара и холестерина в крови. В пищевой индустрии нашел применение как источник растворимых пищевых волокон, стабилизатор и антиокислитель [1, 5, 8, 9].

Таблица 2 – Органолептические показатели качества свинины

Показатель	(ЛхЙ)Хд	ЛхЙ
Внешний вид и цвет поверхности туш/полутуш	Туши/полутуши имеют корочку подсыхания, бледно-красного цвета	
Мышцы на разрезе	Соответствуют требованиям свежего мяса – слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге, цвет темно-розовый	
Консистенция	Плотная, упругая	
Запах (поверхностного слоя туши, внутри туши, мышечной ткани у костей)	Соответствует требованиям свежего мяса	
Цвет	Цвет бледно-розовый	
Запах жира	Соответствует требованиям свежего жира – не имеет запаха осаливания или прогоркания	
Состояние сухожилий	Соответствуют требованиям свежего жира – сухожилия упругие, плотные, поверхность суставов гладкая, блестящая, светло-розового цвета	
Прозрачность аромата бульона	Соответствует требованиям свежего бульона – прозрачный, с выраженным запахом свежего, доброкачественного мяса	

Органолептические и физико-химические показатели ветчины оценивали на соответствие требованиям ГОСТ 31790-2012 «Продукты из свинины вареные» (табл. 3, 4).

Контрольный образец ветчины по органолептическим показателям полностью соответствует требованиям ГОСТ 31790-2012 «Продукты из свинины вареные. Технические условия». Образцы ветчины № 1 и № 2, выработанные из свинины 4 категории, не отвечали требованиям НД по консистенции, характеризовались как мягкая и рыхлая. Мышечные волокна свинины 4 категории находились в кислой среде, близкой к изоэлектрической точке, не в состоянии удерживать собственную влагу. Частичная замена фосфатов на арабиногалактан в образце № 2 не дала ожидаемых положительных результатов, полученных другими учеными: продукт при нарезании крошился и в процессе термической обработки появлялся отек. Арабиногалактан в отличие от фосфатов не связывает влагу через функции миофибриллярных белков, добавка сама образует вязкие растворы. Полагаем, что связующие свойства арабиногалактана были недостаточными в составе PSE-свинины – характеризующейся наихудшей технологичностью.

Оценка физико-химического состава готового продукта выявила следующее: по массовой доле нитрита натрия (норма не более 0,005 %) и хлористого натрия (норма не более 3,0 %) образцы не превышали нормируемые значения и находились практически на одном уровне. По содержанию белка, ответственного за влаго- и жирудержание, значительная разница отмечается между образцами № 1 и № 2, так как в рецептурной смеси последнего снижается доля инжектала, в составе которого присутствуют молочные белки. Содержание протеинов в образце № 2 составило 15,3 % (норма – не менее 12,0 %), что ниже на 0,7 % и 0,9 % контрольного значения и величины образца № 1, соответственно. Высокую энергетическую емкость образцам № 1 и № 2 обеспечила свинина, полученная от взрослых животных; содержание жира было выше контрольного образца на 2,8–3,5 %.

С увеличением жирового компонента с одновременным снижением белковой массы в образце № 2 отмечается снижение технологических свойств мясной системы, поэтому во время термической обработки отмечается выделение бульона и снижение доли связанной влаги.

Таблица 3 – Органолептические показатели ветчины

Наименование показателя	Контрольный образец	Образец № 1	Образец № 2
Внешний вид	Батоны с чистой сухой поверхностью, без поврежденной оболочки		
Консистенция	Упругая	Мягкая, рыхлая	
Цвет и вид на разрезе	Равномерно окрашенный фарш розово-красного цвета, при нарезании не распадается, содержит куски мышечной ткани неопределенной формы, цвет жира – белый.	Равномерно окрашенный фарш розово-красного цвета, при нарезании не распадается, не крошится. Содержит куски мышечной ткани неопределенной формы, цвет жира – белый.	Равномерно окрашенный фарш розово-красного цвета, при нарезании распадается, крошится. Содержит куски мышечной ткани неопределенной формы, цвет жира – белый. Имеет бульонный отек.
Запах и вкус	Запах – приятный, без посторонних привкуса и запаха; вкус – слабосоленый.		Запах – приятный, без посторонних привкуса и запаха; вкус – сильносоленый.
Форма	Батоны прямой формы, в оболочке диаметром 80 мм		

Таблица 4 – Физико-химические показатели ветчины

Показатель	Контрольный образец	Образец № 1	Образец № 2
Массовая доля: – нитрита натрия, %	0,0024 ± 0,01	0,0021 ± 0,01	0,0024 ± 0,03
– хлористого натрия, %	1,9 ± 0,20	2,0 ± 0,19	2,0 ± 0,10
– белка, %	16,0 ± 0,06	16,2 ± 0,04	15,3 ± 0,07
– жира, %	13,1 ± 0,04	15,9 ± 0,08	16,6 ± 0,04
– влаги, %	72,8 ± 0,05	72,4 ± 0,10	71,2 ± 0,06

Таблица 5 – Микробиологические показатели образцов

Показатель	Нормируемые значения	Контрольный образец	Образец № 1	Образец № 2
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более $1 \times 10^3$	Менее $1,0 \times 10^2$	Менее $1,0 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$
БГКП (колиформы), г	Не допускается в 1 г продукта	Не обнаружено		
Сульфитредуцирующие клостридии, г	Не допускается в 0,1 г продукта	Не обнаружено		
<i>S. aureus</i> , г	Не допускается в 1 г продукта	Не обнаружено		
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, г	Не допускается в 25 г продукта	Не обнаружено		
<i>L. monocytogenes</i> , г	Не допускается в 25 г продукта	Не обнаружено		

Ветчина является питательной и благоприятной средой для развития микроорганизмов, поэтому исходное сырье и продукт его переработки должны соответствовать гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям (табл. 5).

Результаты микробиологических исследований показали, что испытуемые образцы являются безопасными: условно-патогенные, патогенные группы микроорганизмов не выявлены, из санитарно-показательных не обнаружены колиформы. Лишь на 20 сутки хранения обсемененность продукта, обогащенного АГ, мезофильными аэробными и факультативно-анаэробными микроорганизмами была незначительно выше контрольного образца и образца № 1 и составила  $1,6 \times 10^2$  при норме не более  $1 \times 10^3$ . Образцы ветчины № 1 и № 2 на протяжении исследуемого периода сохраняют микробиологическую стабильность и соответствуют установленным нормативными документами требованиям к допустимому содержанию микроорганизмов.

#### Результаты и выводы:

1. Свинина, полученная от трехпородного молодняка и двухпородных свиноматок, по результатам органолептической оценки полностью соответствует требованиям ГОСТ 7269-2015. Значение рН в мясе свиноматок находилось в диапазоне 5,48–5,84 ед., что характерно для мяса с ярко выраженными PSE-свойствами.

2. Использование арабиногалактана в количестве 0,5 % совместно с фосфатсодержащей добавкой в технологии производства ветчины позволяет получить безопасный в микробиологическом отношении продукт и наделяет его пребиотическими свойствами. Однако используемая дозировка АГ не эффективна в переработке свинины с явным синдромом PSE и требует проведения дальнейших исследований.

#### Список литературы

1. Буторина, Н. В. Арабиногалактан лиственницы сибирской, его уникальные свойства и применение / Н. В. Буторина // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: м-лы Всерос. науч.-практ. конференции, 14–15 марта 2019 г. – Иркутск, 2019. – С. 90–96.
2. Казанцева, Н. П. Влияние генотипа на формирование качественных характеристик мяса свиней / Н. П. Казанцева, М. И. Васильева, И. Н. Сергеева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 57. – № 1. – С. 63–68.
3. Откормочные и мясные качества гибридных свиней / Н. П. Казанцева, С. П. Басс, О. В. Неклюдова, Е. С. Маринина // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 2 (31). – С. 22–23.
4. Исследования функционально-технологических свойств мышечной ткани свинины, поступающей на мясоперерабатывающие предприятия ЮФО / В. С. Мкртчян, Л. В. Скрыпник, В. И. Ерошенко, Л. В. Кричун // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3–1 (29). – С. 90–95.
5. Ногина, А. А. Арабиногалактан в производстве колбасных изделий из мяса птицы с нехарактерным автолизом / А. А. Ногина, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – № 2 (46). – С. 128–135.
6. Прохоренко, С. Ю. Вернуть деликатесам доброе имя / С. Ю. Прохоренко // Все о мясе. – 2016. – № 4. – С. 27–29.
7. Сложенкина, М. И. Биологическая и пищевая ценность мышечной ткани в зависимости от качественных дефектов свинины / М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, В. А. Бараников, Н. И. Мосолова [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – № 4. – С. 37–44.
8. Смирнова, А. В. Разработка технологии использования натуральной пищевой добавки арабиногалактан (Е 409) для увеличения срока годности вареных колбас из мясного сырья с нехарактерным ходом автолиза / А. В. Смирнова // Евразийское

пространство: добрососедство и стратегическое партнерство: материалы VIII Евразийского экономического форума молодежи. – 19–21 апреля 2017 г. – Екатеринбург, 2017. – С. 226–228.

9. Тимакова, Р. Т. Исследование возможности применения арабиногалактана для хранения охлажденной рыбы / Р. Т. Тимакова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 10. – Т. 34. – С. 106–110.

10. Чабаев, М. Г. Продуктивный потенциал растущего молодняка свиной при использовании различных адаптогенов / М. Г. Чабаев, Е. Ю. Цис, А. В. Мишуров [и др.] // Свиноводство. – 2020. – № 5. – С. 19–23.

11. Kim, S. W. Growth of nursing pigs related to the characteristics of nursed mammary glands / S. W. Kim, W. L. Hurley, I. K. Hant // J. Anim. Sci. – 2000. – V. 78. – P. 1313–1318.

### Spisok literatury

1. Butorina, N. V. Arabinogalaktan listvennicy sibirskoy, ego unikal'nye svoystva i primeneniye / N. V. Butorina // Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK: m-ly Vseros. nauch.-prakt. konferencii, 14–15 marta 2019 g. – Irkutsk, 2019. – S. 90–96.

2. Kazanceva, N. P. Vliyanie genotipa na formirovaniye kachestvennykh harakteristik myasa sviney / N. P. Kazanceva, M. I. Vasil'eva, I. N. Sergeeva // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – T. 57. – № 1. – S. 63–68.

3. Otkormochnye i myasnye kachestva gibridnykh sviney / N. P. Kazanceva, S. P. Bass, O. V. Neklyudova, E. S. Marinina // Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy sel'skoho-zyajstvennoy akademii. – 2012. – № 2 (31). – S. 22–23.

4. Issledovaniya funktsional'no-tekhnologicheskikh svoystv myshechnoy tkani svininy, postupayushchey na myasopererabatyvayushchie predpriyatiya YUFO / V. S. Mkrtichyan, L. V. Skrypnik, V. I. Eroshenko,

L. V. Krichun // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 3–1 (29). – S. 90–95.

5. Nogina, A. A. Arabinogalaktan v proizvodstve kolbasnykh izdelij iz myasa pticy s nekharakternym avtolizom / A. A. Nogina, S. L. Tihonov, N. V. Tihonova // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – 2018. – № 2 (46). – S. 128–135.

6. Prohorenko, S. YU. Vernut' delikatesam dobroe imya / S. YU. Prohorenko // Vse o myase. – 2016. – № 4. – S. 27–29.

7. Slozhenkina, M. I. Biologicheskaya i pishchevaya cennost' myshechnoy tkani v zavisimosti ot kachestvennykh defektov svininy / M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, V. A. Baranikov, N. I. Mosolova [i dr.] // Agrarno-pishchevye innovacii. – 2018. – № 4. – S. 37–44.

8. Smirnova, A. V. Razrabotka tekhnologii ispol'zovaniya natural'noj pishchevoj dobavki arabinogalaktan (E 409) dlya uvelicheniya sroka godnosti varenykh kolbas iz myasnogo syr'ya s nekharakternym hodom avtoliza / A. V. Smirnova // Evrazijskoe prostanstvo: dobrososedstvo i strategicheskoe partnerstvo: materialy VIII Evrazijskogo ekonomicheskogo foruma molodezhi. – 19–21 aprelya 2017 g. – Ekaterinburg, 2017. – S. 226–228.

9. Timakova, R. T. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya arabinogalaktana dlya hraneniya ohlazhdennoy ryby / R. T. Timakova, S. L. Tihonov, N. V. Tihonova // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2020. – № 10. – Т. 34. – С. 106–110.

10. CHabaev, M. G. Produktivnyy potencial rastushchego molodnyaka sviney pri ispol'zovanii razlichnykh adaptoginov / M. G. CHabaev, E. YU. Cis, A. V. Mishurov [i dr.] // Svinovodstvo. – 2020. – № 5. – S. 19–23.

11. Kim, S. W. Growth of nursing pigs related to the characteristics of nursed mammary glands / S. W. Kim, W. L. Hurley, I. K. Hant // J. Anim. Sci. – 2000. – V. 78. – P. 1313–1318.

### Сведения об авторах:

**Васильева Марина Ивановна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии переработки продукции животноводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: marinaroshya@gmail.com).

**Злобина Мария Валерьевна** – технолог ООО «Увинский мясокомбинат» (427265, Российская Федерация, пос. Ува, ул. Механизаторов, 4, e-mail: masha31795@yandex.ru).

**Казанцева Нина Петровна** – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры частного животноводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: pantera500-50@mail.ru).

M. I. Vasilieva<sup>1</sup>, M. V. Zlobina<sup>2</sup>, N. P. Kazantseva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Izhevsk State Agricultural Academy

<sup>2</sup>LLC «Uvinsky meat processing plant»

### PECULIARITIES OF PORK PROCESSING WITH DIFFERENT FUNCTIONAL-AND-TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS

*Modern pig breeding continues to gain momentum in the meat sector and is characterized by intensive selection to improve the meat qualities of pigs. As a result, systematic selection, along with the improvement of the meat characteristics of animals has led to the appearance of undesirable properties of pork – PSE and DFD. Processing*

of pork infected with PSE syndrome is a laborious process and requires careful selection of moisture-binding ingredients aimed at stabilizing dispersed systems and improving the structural and mechanical characteristics of the product. In this regard, the aim of the research is to carry out a comparative assessment of the quality of ham produced from PSE pork using moisture-binding ingredients of different nature.

The article presents the results of a comprehensive assessment of the quality of pork ham with an abnormal course of autolysis using synthetic and native structure-formers. Ham obtained from the PSE pork with 1.8% injectal was inferior to the control in consistency (soft, loose); in a sample containing 1.3% injectal and 0.5% arabinogalactan, a soft consistency is notified, a defect is revealed – broth edema. In terms of physicochemical and microbiological parameters, the studied samples of ham met the requirements of regulatory documents.

It was found out that the use of arabinogalactan in an amount of 0.5% in compliance with a phosphate-containing additive in the technology of ham production makes it possible to obtain a microbiologically safe product, though the used AG portioning is not effective when processing pork with obvious PSE syndrome.

**Key words:** hybrid young growth; culled sows; slaughter weight; active acidity; pork; ham; PSE; phosphates; arabinogalactan; organoleptic characteristics; mass fraction of moisture; microbiology of the product.

#### Authors:

**Vasilieva Marina Ivanovna** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Technology of Livestock Products Processing, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: marinaroshya@gmail.com).

**Zlobina Maria Valerievna** – Technologist, LLC «Uvinsky meat processing plant» (4, Mekhanizatorov St., 427265, Uva, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: masha31795@yandex.ru).

**Kazantseva Nina Petrovna** – Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Department of Private Animal Husbandry, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: pantera500-50@mail.ru).

УДК 638.1(470.51)

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_2\_23

Е. Д. Мушталева, С. Л. Воробьева, М. И. Васильева

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

## СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ ПЧЕЛОВОДСТВА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

В последние десятилетия ситуация с пчеловодством в различных странах мира становится достаточно напряженной из-за заболеваний пчел различной этиологии, что приводит к большому проценту гибели пчелиных семей. Целью исследования являлось изучение динамики распространения численности пчелиных семей на территории Удмуртской Республики. Материал для проведения исследований получен от федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике за 1970–2020 гг., а также от Министерства сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики. Проведен подробный анализ состояния отрасли пчеловодства по следующим показателям: количество пчел, численность пчелиных семей по 25 районам республики, наличие ветеринарно-санитарных паспортов на пасаках. На территории Удмуртской Республики с 1970 до 2020 гг. произошло сильное уменьшение численности пчелиных семей на 105 тысяч семей. Данный факт объясняется рядом причин, таких, как комплекс различных инфекционных, инвазионных и вирусных заболеваний, которым подвержены медоносные пчелы, увеличение процента урбанизации территории республики. Общее количество пчелиных семей на 2020 год зарегистрировано в количестве 46 600 семей. Распределение пчелиных семей и пчел в количестве 4094 штук на территории республики не равномерно. Наибольшее количество пчелиных семей сосредоточено в южной и центральной зоне республики. Общее количество пчел, которые проверены на наличие инфекционных заболеваний, благополучны и получили ветеринарно-санитарный паспорт, составляет 16,3 % или 475 пчел.

**Ключевые слова:** пчеловодство; пасака; Удмуртская Республика; ветеринарно-санитарный паспорт.

**Актуальность.** Пчеловодство – это та отрасль, где производятся высокоценные продукты, обеспечивающие продовольственную безопасность государства с точки зрения ко-

личества и качества сельскохозяйственного сырья, продуктов питания и лекарственных средств. Поэтому формирование институциональной среды агропродовольственного пче-



ловодческого подкомплекса должно осуществляться в контексте концепции обеспечения национальной безопасности [3, 4].

В последние десятилетия ситуация с пчеловодством в различных странах мира становится достаточно напряженной из-за заболеваний пчел различной этиологии. Общеизвестно, что любая болезнь ослабляет пчелиные семьи, и особенно это касается заразных болезней пчел [1, 6].

Главная проблема современного пчеловодства – гибель пчелиных семей. В России отсутствует статистика по этому показателю. Основной причиной гибели называют болезни (варрооз, акарапидоз, нозематоз), использование системных пестицидов (неоникотиноидов) на массивах медоносных культур, недоброкачественные корма. К этому добавляется распространение вирусов, ГМО [10].

Паспортизация пасек проводится в целях выяснения эпизоотического состояния отрасли пчеловодства в целом, а также в условиях различных климатических зон страны; организации мер по оздоровлению пасек, не благополучных по инфекционным и инвазионным заболеваниям пчел, а также мер борьбы с вредителями воскового сырья (восковой молью и др.) и ликвидации мышевидных грызунов; проведения диспансеризации пчелиных семей и девастации территории пасек, улучшения их ветеринарно-санитарного состояния; установления контроля над перевозками пчелиных семей и маток и улучшения учета и отчетности по борьбе с болезнями пчел [2, 8, 9].

**Целью** исследования являлось изучение динамики распространения численности пчелиных семей на территории Удмуртской Республики, в том числе выявления процента пасек, прошедших процесс получения ветеринарно-санитарных паспортов.

**Материалы и методы проведения исследования.** Статистические данные численности пчелиных семей, пасек и количество прошедших пчеловодческих хозяйств лабораторные исследования на наличие инфекционных заболеваний получены от Министерства сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики. Динамика изменения численности пчелиных семей за 1970–2020 гг. получена от федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике.

**Результаты исследований.** Многолетние наблюдения и ведения учета в отрасли пчеловодства на территории республики показали, что за последние годы происходит рез-

кое снижение численности пчелиных семей (рис. 1, 2).

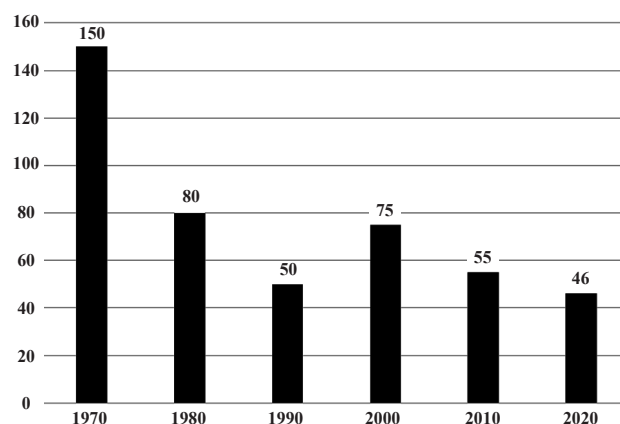


Рисунок 1 – Динамика изменения численности пчелиных семей с 1970 по 2020 гг. в Удмуртской Республике, тыс. семей

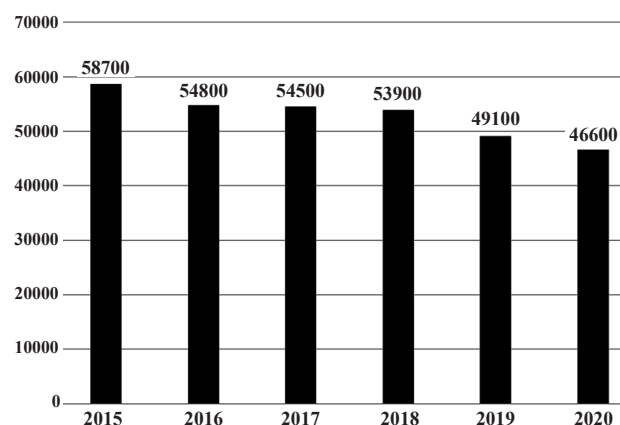


Рисунок 2 – Количество пчелиных семей на территории Удмуртской Республики

В 1970 г. количество пчелиных семей было на максимальной отметке и составляло 150 тысяч пчелиных семей, затем, в связи с появлением инвазионного заболевания варроатоза, произошло резкое сокращение численности семей до 80 тысяч в 1980 г., а к 1990 г. этот показатель составил 50 тысяч семей. За 20 лет количество пчелиных семей сократилось на 100 тысяч семей. В 2000 г. количество пчелиных семей увеличилось до 75 тысяч, однако к 2020 г. опять наблюдается спад количества семей, содержащихся на территории Удмуртии. За последние 20 лет отрасль пчеловодства потеряла около 30 тысяч пчелиных семей. Данный факт объясняется рядом причин, таких, как комплекс различных инфекционных, вирусных заболеваний, которым подвержены медоносные пчелы, увеличение процента урбанизации территории республики, снижение заинтересованности населения в данной отрасли, так как многие про-

цессы трудоемки и отсутствует высокий уровень механизации процессов в пчеловодении.

С 2010 по 2018 гг. установилось постоянное количество пчелиных семей в размере 55–50 тысяч пчелиных семей, однако в 2019 г. произошло резкое снижение численности пчелиных семей на 4800 семей, что объяснялось использованием ядохимикатов при обработке посевов рапса. Многие пчеловоды оказались не предупреждены об опасности и не обезопасили пчелиные семьи. Помимо фактической гибели пчелиных семей также произошло снижение биомассы в семьях, что сказалось и на качестве зимовки медоносных пчел и, соответственно, опять привело к уменьшению количества пчелиных семей до 46 600 в 2020 г. Таким образом, с 2015 г. количество пчелиных семей уменьшилось на 12,1 тысячи семей.

Своевременное выявление зараженных семей, лечение и профилактические меры по-

могут пчеловодам избежать массовой гибели пчел. Знание современной картины, отражающей очаги заболеваний, позволит более эффективно принимать меры по борьбе с ними.

Важным моментов в отрасли пчеловодства является обеспечение пасек ветеринарными паспортами, определяющее наличие заболеваний или отсутствие таковых. Данный процесс позволяет контролировать зараженность пчелиных семей и применять своевременные профилактические и лечебные обработки, позволяющие предотвратить и снизить процент гибели пчелиных семей [5, 7].

По статистическим данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики, зарегистрировано на территории республики 4094 пасек, из них проведено исследование пчелиных семей и выдано ветеринарно-санитарных паспортов 475 (табл. 1).

Таблица 1 – Наличие ветеринарно-санитарных паспортов пасек по 2020 г.

Район	Количество пасек	Ветеринарно-санитарные паспорта пасек	Процент пасек, имеющих паспорта, %
Алнашский	154	23	14,9
Балезинский	206	15	7,3
Вавожский	96	21	21,9
Воткинский	203	8	3,9
Глазовский	182	23	12,6
Граховский	139	23	16,5
Дебесский	131	24	18,3
Завьяловский	147	32	21,8
Игринский	218	4	1,8
Камбарский	22	22	100,0
Каракулинский	182	25	13,7
Кезский	207	3	1,4
Кизнерский	241	20	8,3
Киясовский	90	4	4,4
Красногорский	86	13	15,1
Малопургинский	236	28	11,9
Можгинский	306	17	5,6
Сарапульский	123	31	25,2
Селтинский	157	18	11,5
Сюмсинский	83	13	15,7
Увинский	254	24	9,4
Шарканский	275	41	14,9
Юкаменский	92	10	10,9
Як.-Бодьинский	227	22	9,7
Ярский	37	11	29,7
Итого	4094	475	16,3

Анализ пасечных хозяйств по районам Удмуртской Республики показал, что в таких районах, как Як.-Бодьинский (227), Шарканский (275), Увинский (254), Можгинский (306) Малопургинский (236), Кизнерский (241), Кезский (207), Балезинский (206), Воткинский (203), Завьяловский (147), Игринский (218), Дебесский (131), Граховский (130), сосредоточено максимальное количество пасечных хозяйств.

Однако процент пасек, получивших паспорта, подтверждающие отсутствие наличия заболеваний инфекционной этиологии, составляет всего лишь в среднем по республике 16,3 %. Максимальное количество пасек, имеющих ветеринарно-санитарные паспорта, подтверждающие отсутствие инфекционных заболеваний, сосредоточено в следующих районах: Ярский – 29,7 %, Шарканский – 14,9 %, Сюмсинский – 15,7 %, Сарапульский – 25,2 %, Красногорский – 15,1 %, Камбарский – 100 %, Завьяловский 21,8 %, Вавожский – 21,9 % и Алнашский – 14,9 %. В остальных районах Удмурт-

ской Республики паспортизации пасек подверглось менее 15 %.

Общая численность пчелиных семей в 2020 г. составила 46 609 семей, которая распродолжена по Удмуртии не равномерно (табл. 2, рис. 3). Наибольшее количество пчелиных семей сосредоточено в южной и центральной зоне республики, что связано с более лучшими природно-климатическими условиями и кормовой базой, состоящей из липовых лесов, земель сельскохозяйственного назначения. В северной части республики больше сосредоточено пихтово-еловых и еловых таежных лесов, что сдерживает развитие отрасли.

Лидерами по количеству пчелиных семей являются Можгинский район – 3722 семьи, Кизнерский – 3009 семей, затем Алнашский район – 2590 семей, Воткинский район – 2441 семей, Шарканский район – 2975 семей и Увинский район – 2911. Минимальное количество пчелиных семей расположено в Камбарском районе – 512 семей, Ярском районе – 664 (рис. 3).

Таблица 2 – Численность пчелиных семей по районам Удмуртской Республики в 2020 г.

Район	Количество пасек	Количество пчелиных семей
Алнашский	154	2590
Балезинский	206	1663
Вавожский	96	1907
Воткинский	203	2421
Глазовский	182	1333
Граховский	139	1492
Дебесский	131	1211
Завьяловский	147	2256
Игринский	218	1991
Камбарский	22	512
Каракулинский	182	2632
Кезский	207	1903
Кизнерский	241	3009
Киясовский	90	801
Красногорский	86	759
Малопургинский	236	1695
Можгинский	306	3722
Сарапульский	123	2784
Селгинский	157	1709
Сюмсинский	83	1438
Увинский	254	2911
Шарканский	275	2975
Юкаменский	92	1012
Як.-Бодьинский	227	1219
Ярский	37	664
Итого	4094	46609

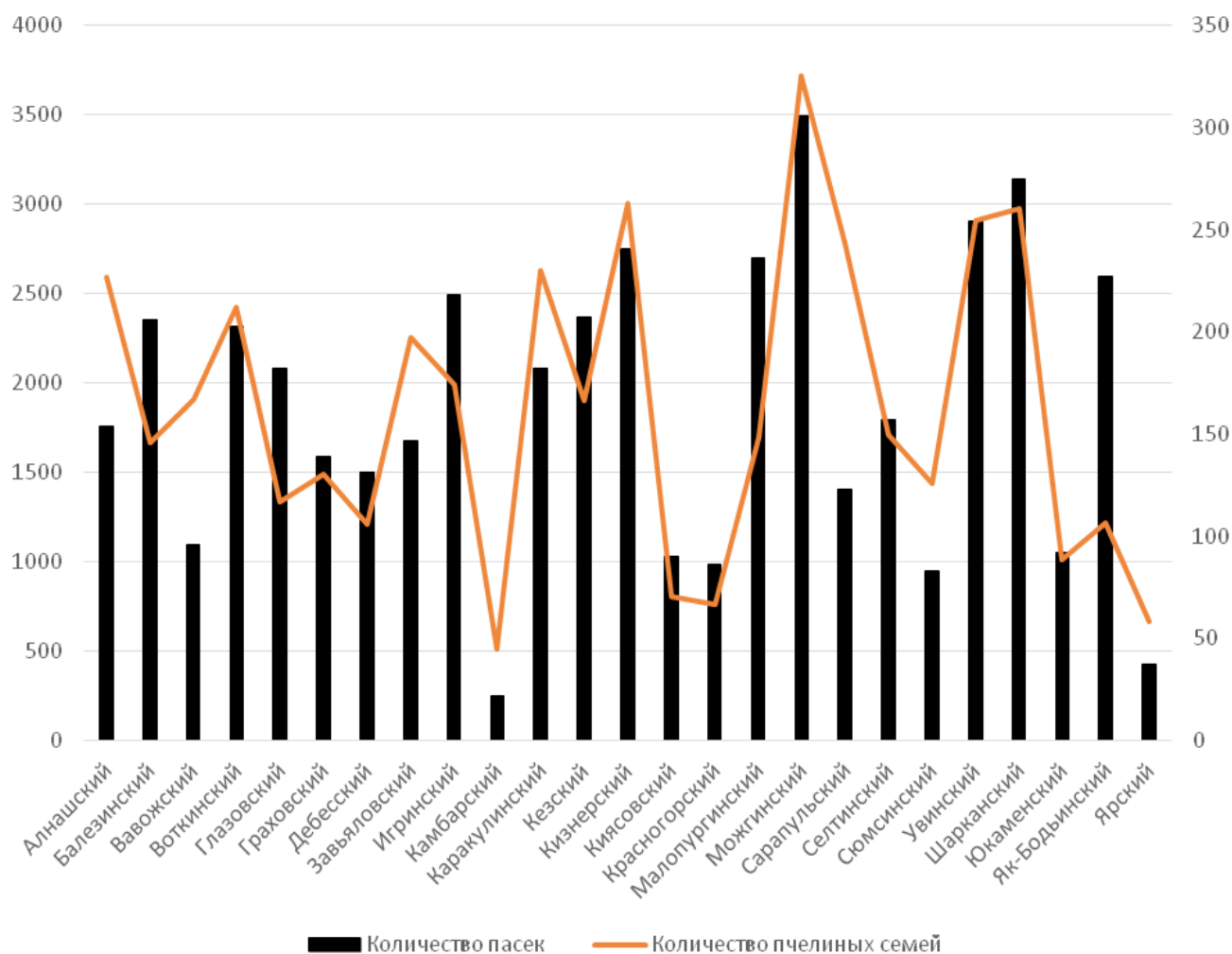


Рисунок 3 – Соответствие пасек и численности пчелиных семей по районам Удмуртской Республики

Анализ графического изображения наложения численности пчелиных семей по районам Удмуртской Республики с учетом численности пасек убедительно показывает сильную положительную корреляцию, чем больше пасечных хозяйств сосредоточено в районе, тем больше количество пчелиных семей.

**Вывод.** Таким образом, в силу комплекса причин на территории Удмуртской Республики с 1970 до 2020 гг. произошло сильное уменьшение численности пчелиных семей на 105 тысяч семей.

Так, на 2020 г. зарегистрировано 46 600 пчелиных семей.

Распределение пчелиных семей и пасек в количестве 4094 на территории республики не равномерно.

Общее количество пасек, которые проверены на наличие инфекционных заболеваний, благополучны, пасеки, получившие ветеринарно-санитарный паспорт, составляют 16,3 % или 475 пасек.

### Список литературы

- Афанасьев, В. И. Российское пчеловодство: состояние, перспективы развития и влияние на урожайность сельскохозяйственных культур / В. И. Афанасьев // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2018. – № 2. – С. 76–81.
- Бабаева, Н. Н. Ветеринарно-санитарный контроль меда / Н. Н. Бабаева // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. – Барнаул, 2020. – С. 144–147.
- Багайников, М. Л. Развитие ресурсного потенциала агропродовольственного комплекса Байкальского региона: геоэкономический подход / М. Л. Багайников. – Иркутск: Издательство БГУ-ЭП, 2015. – 182 с.
- Винокуров, Г. М. Некоторые аспекты развития пчеловодства Иркутской области / Г. М. Винокуров, С. И. Винокуров, М. В. Винокурова // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 5. – С. 70–74.
- Колбина, Л. М. Эпизоотическое обследование пасек в Удмуртии / Л. М. Колбина, Н. А. Санникова, С. Л. Воробьева, С. Н. Непейвода, Е. В. Паньков, И. В. Масленников // Пчеловодство. – 2012. – № 7. – С. 24–25.

6. Лысенко, А. А. Мониторинг и разработка способов лечения и профилактики болезней пчел в Республике Афганистан / А. А. Лысенко, С. Рахил, О. Ю. Черных [и др.] // Перспективы развития пчеловодства в условиях индустриализации АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2020. – С. 226–232.

7. Любимов, А. И. Научное обоснование технологии содержания пчелиных семей в медосборных условиях Среднего Предуралья / А. И. Любимов, С. Л. Воробьева, Л. М. Колбина. – Ижевск, 2016. – 177 с.

8. Макарова, О. И. Ветеринарно-санитарное обслуживание пасек / О. И. Макарова, Р. Г. Раджабов // Электронный научный журнал. – 2019. – № 9 (29). – С. 22–26.

9. Мусиенко, А. В. Паспортизация пасек и мероприятия по профилактике болезней пчел / А. В. Мусиенко, А. С. Кистерная // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2019. – № 2 (11). – С. 90–93.

10. Прокофьева, Л. В. Состояние и проблемы российского пчеловодства / Л. В. Прокофьева, Ю. В. Докукин, Ян. Л. Шагун // Состояние и перспективы развития современного пчеловодства и апитерапии, Рыбное, 02–03 ноября 2017 года. – Рыбное, 2018. – С. 3–6.

### Spisok literatury

1. Afanas'ev, V. I. Rossijskoe pchelovodstvo: sostoyanie, perspektivy razvitiya i vliyanie na urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur / V. I. Afanas'ev // Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom hozyajstve. – 2018. – № 2. – С. 76–81.

2. Babaeva, N. N. Veterinarno-sanitarnyj kontrol' meda / N. N. Babaeva // Vestnik molodezhnoj nauki Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Barnaul, 2020. – С. 144–147.

3. Bagajnikov, M. L. Razvitie resursnogo potentsiala agroproduktivnogo kompleksa Bajkal'skogo regiona: geoekonomicheskij podhod / M. L. Bagajnikov. – Irkutsk: Izdatel'stvo BГУ-EP, 2015. – 182 s.

4. Vinokurov, G. M. Nekotorye aspekty razvitiya pchelovodstva Irkutskoj oblasti / G. M. Vinokurov, S. I. Vinokurov, M. V. Vinokurova // Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii. – 2019. – № 5. – С. 70–74.

5. Kolbina, L. M. Epizooticheskoe obsledovanie pasek v Udmurtii / L. M. Kolbina, N. A. Sannikova, S. L. Vorob'eva, S. N. Nepejvoda, E. V. Pan'kov, I. V. Maslennikov // Pchelovodstvo. – 2012. – № 7. – С. 24–25.

6. Lysenko, A. A. Monitoring i razrabotka sposobov lecheniya i profilaktiki boleznej pchel v Respublike Afganistan / A. A. Lysenko, S. Rahil, O. YU. CHernyh [i dr.] // Perspektivy razvitiya pchelovodstva v usloviyah industrializacii APK: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Krasnodar, 2020. – С. 226–232.

7. Lyubimov, A. I. Nauchnoe obosnovanie tekhnologii sodержaniya pchelinyh semej v medosbornykh usloviyah Srednego Predural'ya / A. I. Lyubimov, S. L. Vorob'eva, L. M. Kolbina. – Izhevsk, 2016. – 177 s.

8. Makarova, O. I. Veterinarno-sanitarnoe obsluzhivanie pasek / O. I. Makarova, R. G. Radzhabov // Elektronnyj nauchnyj zhurnal. – 2019. – № 9 (29). – С. 22–26.

9. Musienko, A. V. Paspordizatsiya pasek i meropriyatiya po profilaktike boleznej pchel / A. V. Musienko, A. S. Kisternaya // Veterinarnyj zhurnal Belarusi. – 2019. – № 2 (11). – С. 90–93.

10. Prokof'eva, L. V. Sostoyanie i problemy rossijskogo pchelovodstva / L. V. Prokof'eva, YU. V. Dokukin, YAn. L. SHagun // Sostoyanie i perspektivy razvitiya sovremennogo pchelovodstva i apiterapii, Rybnoe, 02–03 noyabrya 2017 goda. – Rybnoe, 2018. – С. 3–6.

### Сведения об авторах:

**Мушталева Екатерина Дмитриевна** – аспирант кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: savagekat@mail.ru).

**Воробьева Светлана Леонидовна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных, проректор по учебной и воспитательной работе, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: vorobievasveta@mail.ru).

**Васильева Марина Ивановна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии переработки продукции животноводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: marinaroshya@gmail.com).

Ye. D. Mushtaleva, S. L. Vorobyova, M. I. Vasilieva

Izhevsk State Agricultural Academy

### SITUATION IN THE BEEKEEPING FIELD IN THE UDMURT REPUBLIC

*In recent decades, the situation with beekeeping in various countries of the world has become quite tense due to diseases of bees of various etiologies which entail a large percentage of bee colonies' mortality. Thus, the present article aims at learning the dynamics of the quantified distribution of bee colonies over the territory of the Udmurt Republic. Material for research was obtained from the Federal State Statistics Service for the Udmurt Republic 1970–2020, and from the Ministry of Agriculture and Food of the Udmurt Republic. A detailed analysis of the state of the beekeeping industry was carried out respective to the following indicators: the number of apiaries, the number of bee colonies in 25 regions of the republic, the presence of veterinary and sanitary passports for the apiaries.*

*On the territory of the Udmurt Republic. There was a prominent decrease observed in the number of bee colonies in 1970–2020, by 105 thousand families. The reasons may be a set of various infectious, invasive and viral diseases to which honeybees are susceptible, growth of the urbanization percentage of the territory of the republic. The total number of bee colonies for 2020 had been registered 46,600 families though the distribution of 4094 bee colonies and apiaries on the territory of the republic is not uniform. The largest number of bee colonies is concentrated in the southern and central zones of the republic. The total number of apiaries having been tested for infectious diseases, found safe and have been handed a veterinary-and-sanitary passport is 16.3% or 475 apiaries.*

**Key words:** *beekeeping; apiary; Udmurt Republic; veterinary-and-sanitary passport.*

#### Authors:

**Mushtaleva Yekaterina Dmitrievna** – Postgraduate, Department of Feeding and Breeding Farm Animals, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: savagekat@mail.ru).

**Vorobyova Svetlana Leonidovna** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Feeding and Breeding Farm Animals, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: vorobievsveta@mail.ru).

**Vasilieva Marina Ivanovna** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Technology of Animal Products Processing, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: marinarosshya@gmail.com).

УДК 637.5'62(470.51)

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_2\_29

Е. В. Хардина<sup>1</sup>, О. А. Краснова<sup>1</sup>, Т. В. Картанова<sup>2</sup>, С. С. Вострикова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

<sup>2</sup>ООО «Увинский мясокомбинат»

## АНАЛИЗ МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОГО В УСЛОВИЯХ ООО «УВИНСКИЙ МЯСОКОМБИНАТ» УВИНСКОГО РАЙОНА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

*Проведен комплексный анализ мясной продуктивности крупного рогатого скота, поступающего на убой и первичную переработку в ООО «Увинский мясокомбинат» Увинского района Удмуртской Республики. Исследования проводились по данным откормов за 2020 г. В ходе исследований было установлено, что только из двух районов (Увинского и Вавожского) в 2020 г. поступил скот, от которого получили туши категории «супер» (21 туша). Это самая высшая оценка по категоричности. При этом основной массив туш молодняка крупного рогатого скота оценили категориями «экстра», «отличная» и «хорошая» (1311 туш). Тем не менее, были и хозяйства, от которых получили туши категории упитанности «низкая» (Увинского, Селтинского и Вавожского районов) (42 туши). По результатам товарной оценки туш взрослого крупного рогатого скота стоит отметить, что большая часть туш была достаточно хорошей упитанности и оценена первой категорией. По итогам 2020 г. на предприятии было получено мяса в тушах от молодняка крупного рогатого скота в количестве 608,8 тонны. При этом в живом весе было произведено мяса 917,5 тонны. Количество мяса в тушах от взрослого скота составило 180,1 тонны, и в живом весе было получено 386,5 тонны. Учитывая процент реализации говядины в год и максимальный выход мякоти, предприятие не имеет возможности полноценно удовлетворить потребность всех цехов глубокой переработки.*

**Ключевые слова:** *крупный рогатый скот; мясная продуктивность; категория упитанности; молодняк; взрослый скот.*

**Актуальность.** В Российской Федерации на сегодняшний день уровень производства и потребления говядины не растет. В состоянии стагнации эта отрасль животноводства пребывает уже последние двадцать лет.

В 1991 г. уровень производства говядины составлял, по меньшей мере, 4,0 миллиона тонн в год. Сегодня этот показатель не превышает 1,6–1,7 миллиона тонн в год. Сложившуюся ситуацию не смогли исправить даже две про-

граммы развития мясного скотоводства, разработанные Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, начиная с 2009 г., в ходе которых в отрасль было инвестировано около 90 миллиардов рублей [1, 2].

Ведущие мясоперерабатывающие предприятия отдают предпочтения только качественному мясному сырью. Так как объем производства мяса крупного рогатого скота покрывает спрос на него лишь на 80 %, нехватку сырья мясоперерабатывающие предприятия компенсируют за счет импорта. Безусловно, предпочтение отдают мясным породам. Из-за недостаточного количества качественного мясного российского сырья переработчики вынуждены его импортировать из Уругвая, Парагвая, Бразилии, Белоруссии и Аргентины [3, 5].

Федеральной программой развития мясного скотоводства на 2013–2020 гг. запланировано достичь доли говядины от скота мясных пород в 24 % от общего производства, а по факту эта доля достигла лишь 15 %. Логично предположить, что не все благополучно в сложившейся у нас модели работы сектора мясного скотоводства. Казалось бы, многие регионы в Российской Федерации являются идеальным местом для развития подотрасли мясного скотоводства, так как в большинстве из них имеются земли, непригодные для эффективного земледелия, но пригодные для культурных пастбищ.

Известно и то, что сегодня фермерам мешает высокая степень требований к мраморному мясу, связанных в представлении обывателя только с породой ангус. Не редки и случаи, когда фермерам приходится продавать свой племенной скот в Омскую и Томскую области лишь потому, что центр России «подсел» на ангуса. Однако потребителю достаточно сложно объяснить, что «мраморность» – это результат определенной технологии и схемы откорма, а не предрасположенность породы. Нужно понимать и то, что выбор потребителей в пользу мяса от ангуса обусловлен зачастую отсутствием культуры потребления мяса как продукта для гурманов – это целый шлейф ещё с советских времен [4, 9, 10].

Сегодня основная стратегия развития фермерства, и в частности мясного, не сводится только к увеличению производства продуктов питания. Важную роль играет и социальная задача – обеспечить занятие сельскому населению и сохранить сельские ландшафты [6, 8].

В Удмуртской Республике сегодня уровень производства говядины составляет около 30,1 тысячи тонн в год. При этом по состоянию на 01.02 2021 зарегистрировано хозяйств в отрас-

ли мясного скотоводства в количестве 33. Общее поголовье мясного скота составляет 2181 голову, из них быков-производителей – 30 голов, молодняка – 897 голов, нетелей – 262 головы. Получено приплода 19 голов, из которых 11 телочек. Среднесуточный привес молодняка составляет 994 грамма. В живой массе реализовано 1,047 тонны. Есть понимание того, что развитие мясного скотоводства в Удмуртской Республике имеет некоторую положительную динамику, однако и этого количества мяса не достаточно, чтобы ликвидировать его дефицит хотя бы одного среднего по мощности предприятия [7].

В этой связи **целью** работы было проанализировать мясную продуктивность крупного рогатого скота, перерабатываемого в условиях ООО «Увинский мясокомбинат» Увинского района Удмуртской Республики.

**В задачи** исследований входило следующее:

1. Охарактеризовать производственную деятельность предприятия.
2. Определить сырьевую базу предприятия.
3. Установить количество поступившего скота из разных районов и предприятий по итогам 2020 г.
4. На основании отвесов определить категории упитанности туш крупного рогатого скота разных половозрастных групп.
5. Определить количество мяса, полученного от туш молодняка крупного рогатого скота.
6. Определить количество мяса в живом весе, полученного от молодняка крупного рогатого скота.
7. Определить количество мяса, полученного от туш взрослого крупного рогатого скота.
8. Определить количество мяса в живом весе, полученного от взрослого крупного рогатого скота.
9. Установить общее количество говядины, полученной в 2020 г.

**Материал и методика исследований.** Исследования проводились на основании отвесов, полученных по результатам убоя и товарной оценки туш крупного рогатого скота. Товарная оценка туш крупного рогатого скота производилась согласно требованиям ГОСТ 34120–2017 «Крупный рогатый скот для убоя. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинах. Технические условия». Объектом исследований являлись мясные туши крупного рогатого скота всех половозрастных групп, полученные в результате его убоя и первичной переработки. Период исследований – январь–декабрь 2020 г.

**Результаты исследований.** ООО «Увинский мясокомбинат» – одно из крупнейших

предприятий агропромышленного комплекса Удмуртской Республики. Ассортимент предприятия включает свыше 200 наименований мясной продукции – колбасные изделия, мясные полуфабрикаты, охлажденные и замороженные, мясные полуфабрикаты в тестовой оболочке, продукты в желе, субпродукты, жиры топленые пищевые, а также свиные и говяжьи полутуши и четвертины. На предприятии внедрена и работает интегрированная система менеджмента безопасности пищевой продукции ИСО 22 000, основанная на принципах системы ХАССП.

По итогам 2020 г. на предприятие крупный рогатый скот поступил из следующих районов: Селтинский район, Увинский район, Вавожский район, Граховский район и из Кировской области. По итогам 2020 г. в ООО «Увинский мясокомбинат» поступило и забито 2459 голов крупного рогатого скота разных половозраст-

ных групп (рис. 1). На рисунке 1 представлено распределение поступившего скота из районов. Так, лидирующую позицию занимает Вавожский район, уверенное второе место принадлежит Кировской области.

Рассматривая объемы поставок скота в разрезе хозяйств по каждому району, стоит отметить следующее. Среди поставщиков Кировской области в ООО «Увинский мясокомбинат» по итогам 2020 г. лидирующее положение заняла Агрофирма «Подгорцы», и объем поставок скота с данного предприятия составил 89,4 % – это 625 голов разных половозрастных групп (рис. 2).

Из Увинского района поставка скота осуществлялась с таких предприятий, как СПК «Ударник», СПК «Победа». В 2020 г. преобладающая доля поставок осуществлялась с СПК «Ударник» – 64,8 % (83 головы крупного рогатого скота) (рис. 3).

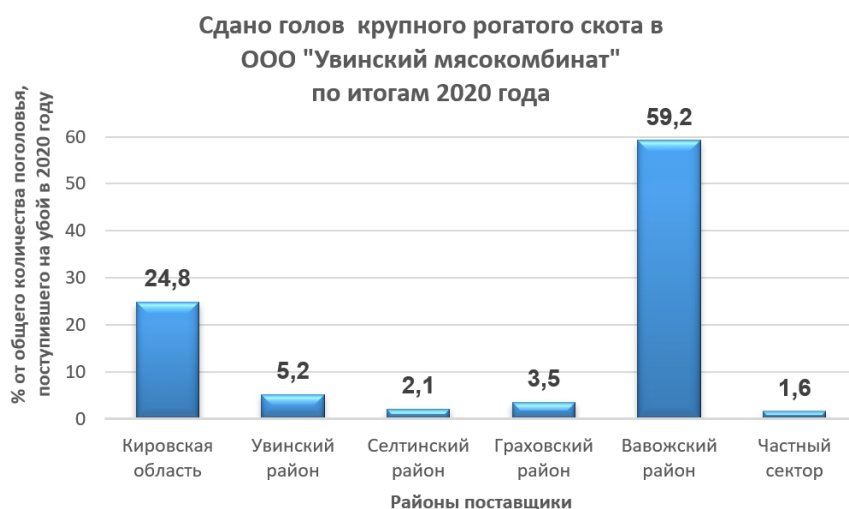


Рисунок 1 – Количество поступившего скота в ООО «Увинский мясокомбинат» из разных районов в 2020 г.



Рисунок 2 – Количество поступившего скота в ООО «Увинский мясокомбинат» с предприятий Кировской области в 2020 г.



Из Селтинского района лидером по поставкам крупного рогатого скота в ООО «Увинский мясокомбинат» в 2020 г. можно считать СПК «Нива». Объем составил 66,7 % (41 голова) (рис. 4).

Граховский район в 2020 г. осуществлял поставку скота на мясокомбинат с двух предприятий – ООО «Меркурий», ООО «Конный племязавод «Граховский». Превалирующая доля скота поступила с ООО «Конный племязавод «Граховский» – 92,9 % (79 голов) (рис. 5).

Поставщиками скота из Вавожского района в ООО «Увинский мясокомбинат» в 2020 г.

стали: СПК «Колос», ООО «Каменный ключ», СХПК «Город Октябрь», колхоз (СХПК) им. Мищурина, СПК «Луч».

При этом основная доля скота поступила с предприятия СПК «Колос» – 42,4 % (617 голов) (рис. 6).

По результатам товарной оценки туш молодняка крупного рогатого скота, который поступил на переработку, можно отметить, что не все предприятия (районы) отличаются высоким качеством получаемого мяса (табл. 1).



Рисунок 3 – Количество поступившего скота в ООО «Увинский мясокомбинат» с предприятий Увинского района в 2020 г.



Рисунок 4 – Количество поступившего скота в ООО «Увинский мясокомбинат» с предприятий Селтинского района в 2020 г.



Рисунок 5 – Количество поступившего скота в ООО «Увинский мясокомбинат» с предприятий Граховского района в 2020 г.

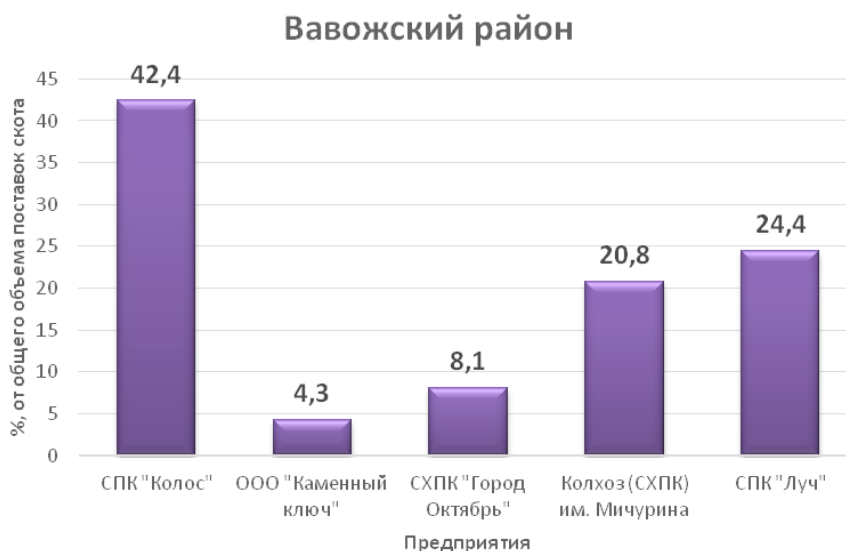


Рисунок 6 – Количество поступившего скота в ООО «Увинский мясокомбинат» с предприятий Вавожского района в 2020 г.

В ходе исследований было установлено, что только с двух районов (Увинского и Вавожского) в 2020 г. поступил скот, от которого получили туши категории «супер» (21 туша). Это самая высшая оценка по категорийности. При этом основной массив туш молодняка крупного рогатого скота оценили категориями «экстра», «отличная» и «хорошая» (1311 туш). Тем не менее, были и хозяйства, от которых получили туши категории упитанности «низкая» (Увинского, Селтинского и Вавожского районов) (42 туши).

По результатам товарной оценки туш взрослого крупного рогатого скота стоит отметить, что большая часть туш была достаточно хорошей упитанности и оценена первой категорией

(табл. 2). Стоит отметить, что на убой и первичную переработку поступали только коровы, быки в 2020 г. на убой не поступали. Также не были отмечены поставки телят и телят-молочников.

В 2020 г. скот поступал также с частного сектора, и его количество от общего объема поступившего скота составило 1,6 % (25 голов). Превалирующая доля скота с частного сектора была представлена взрослыми животными (коровы) – 21 голова.

Таким образом, в ООО «Увинский мясокомбинат» по итогам 2020 г. было получено мяса в тушах от молодняка крупного рогатого скота в количестве 608,8 тонны. При этом в живом весе было произведено мяса 917,5 тонны. Количество мяса в тушах от взрослого скота соста-

вило 180,1 тонны, и в живом весе было получено 386,5 тонны (табл. 3, 4).

Понимая, что из полученной на предприятии по итогам 2020 г. говядины (788,9 тонны) около 40 % реализовалось на продажу, то для собственного потребления остается

238,2 тонны. Учитывая максимальные нормы выхода мякоти и качество полученного мяса, предприятие не имеет возможности полноценно удовлетворить потребность всех цехов глубокой переработки, которая в год составляет, по меньшей мере, 150 тонн.

**Таблица 1 – Мясная продуктивность молодняка крупного рогатого скота по результатам убоя (оценка качества туш в соответствии с ГОСТ 34120-2017 «Крупный рогатый скот для убоя. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинах»)**

Молодняк (бычки, телки, коровы-первотелки), забито голов и получено от них туш	Супер	Прима	Экстра	Отличная	Хорошая	Удовлетворительная	Низкая	
	Кировская область							
		10	24	251	67	293		
	Увинский район							
	1		2	7	36	19	3	
	Селтинский район							
			3	5	9	3	7	
	Граховский район							
			2	4				
	Вавожский район							
20	79	421	347	116	31	32		
Частный сектор								
	2	8	6	3				

**Таблица 2 – Мясная продуктивность взрослого крупного рогатого скота по результатам убоя (оценка качества туш в соответствии с ГОСТ 34120-2017 «Крупный рогатый скот для убоя. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинах»)**

Взрослый скот (коровы, быки), забито голов и получено от них туш	ВК1	ВК2	ВБ1	ВБ2	
	Кировская область				
	51	3			
	Увинский район				
	60				
	Селтинский район				
	19				
	Граховский район				
	77				
	Вавожский район				
404					
Частный сектор					
21					

**Таблица 3 – Мясная продуктивность молодняка крупного рогатого скота по результатам убоя и масса полученных туш (итого по всем хозяйствам за 2020 г.)**

Молодняк крупного рогатого скота							
	Супер	Прима	Экстра	Отличная	Хорошая	Удовлетворительная	Низкая
Количество	21	91	460	620	231	346	42
Итого	1 811						
Масса туш, кг	7049,4	26 577,7	131 868,9	132 505,6	44 688,2	81 207	4817,1
Итого, кг	608 854,1						

Таблица 4 – Мясная продуктивность взрослого крупного рогатого скота по результатам убоя и масса полученных туш (итого по всем хозяйствам за 2020 г.)

Взрослый скот				
	ВК 1	ВК2	ВБ1	ВБ2
Количество	632	16		
Итого	648			
Масса туш, кг	176 796,4	3343,8		
Итого, кг	180 140,2			

**Выводы.** Проведенные исследования являются доказательством того, что удовлетворить потребность населения в говядине только за счёт молочного или комбинированного скота не представляется возможным. В этой связи выход один – развитие мясного скотоводства, тем более, что наша страна и зона Западного Предуралья располагают всеми необходимыми предпосылками: наличие естественных кормовых угодий и достаточное количество неиспользуемой пашни; апробированная во многих регионах страны малозатратная интенсивно-пастбищная технология мясного скотоводства; ресурсы маточного поголовья в мясных и молочных стадах для формирования новых мясных ферм племенного и особенно товарного назначения.

#### Список литературы

1. Васильева, М. И. Эффективное применение биоантиоксидантных композиций в производстве говядины / М. И. Васильева, О. А. Краснова // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 11(141). – С. 24–26.
2. Краснова, О. А. Экономическая эффективность производства говядины при использовании обогащенной подкормки в кормлении бычков черно-пестрой породы / О. А. Краснова, Е. В. Хардина // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Междун. науч.-практ.конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 65–68.
3. Краснова, О. А. Формирование мясной продуктивности бычков черно-пестрой породы при использовании дигидрокверцетина / О. А. Краснова, Е. В. Хардина // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 55. – № 1. – С. 45–48.
4. Кудрин, М. Р. Разведение крупного рогатого скота в России в условиях Удмуртской Республики / М. Р. Кудрин // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 4. – С. 110–113.
5. Производство и переработка продукции крупного рогатого скота: монография / М. Р. Кудрин, О. А. Краснова, Е. В. Хардина, А. Л. Шкляев. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – 160 с.
6. Формирование высокопродуктивного стада : монография / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев, О. А. Краснова. – Ижевск: Цифра, 2020. – 202 с.

7. Улимбашев, М. Б. Компенсаторно-приспособительные механизмы реализации генетического потенциала отечественного и импортного скота / М. Б. Улимбашев, А. Ф. Шевхужев, Ж. Т. Алагирова, Р. А. Улимбашева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – №3. – С. 78–94.

8. Шевхужев, А. Ф. Формирование мясной продуктивности молодняка черно-пестрого и помесного скота при использовании разных технологий выращивания / А. Ф. Шевхужев, Р. А. Улимбашева, М. Б. Улимбашев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 95–109.

9. Smolentsev, S.Yu. Effect of antioxidant on productivity of black-and-white cattle / S.Yu. Smolentsev, I. I. Strelnikova, G. R. Yusupova, E. K. Papunidi, I. T. Vafin, N. F. Sadykov, T. M. Zakirov, Z. F. Auhadeeva/ Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. – Vol. 10. – № 12. – P. 3452–3454.

10. Smolentsev, S.Yu. Meat productivity of cattle depending on the composition of the ration / S.Yu. Smolentsev, A.Kh. Volkov, E. K. Papunidi, G. R. Yusupova, N. V. Nikolaev, Yu. V. Larina, N. K. Romanova/ Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9. – № 4. – P. 1247–1251.

#### Spisok literatury

1. Vasil'eva, M. I. Effektivnoe primeneniye bioantioksidantnykh kompozitsiy v proizvodstve govyadiny / M. I. Vasil'eva, O. A. Krasnova // Agrarnyj vestnik Urala. – 2015. – № 11(141). – S. 24–26.
2. Krasnova, O. A. Ekonomicheskaya effektivnost' proizvodstva govyadiny pri ispol'zovanii obogashchennoj podkormki v kormlenii bychkov cherno-pestroj porody / O. A. Krasnova, E. V. Hardina // Nauchno obosnovannyye tekhnologii intensifikatsii sel'skhozaystvennogo proizvodstva: materialy Mezhdun. nauch.-prakt.konf. v 3 t. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2017. – S. 65–68.
3. Krasnova, O. A. Formirovaniye myasnoy produktivnosti bychkov cherno-pestroj porody pri ispol'zovanii digidrokvercetina / O. A. Krasnova, E. V. Hardina // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – T. 55. – № 1. – S. 45–48.
4. Kudrin, M. R. Razvedeniye krupnogo roगतого skota v Rossii v usloviyah Udmurtskoj Respubliki / M. R. Kudrin // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2011. – № 4. – S. 110–113.
5. Proizvodstvo i pererabotka produktsii krupnogo roगतого skota: monografiya / M. R. Kudrin, O. A. Krasnova, E. V. Hardina, A. L. SHklyayev. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2019. – 160 s.
6. Formirovaniye vysokoproduktivnogo stada : monografiya / M. R. Kudrin, A. L. SHklyayev, O. A. Krasnova. – Izhevsk: Cifra, 2020. – 202 s.
7. Ulimbashev, M. B. Kompensatorno-prisposobitel'nye mekhanizmy realizatsii geneticheskogo potenciala otechestvennogo i importnogo skota / M. B. Ulimbashev, A. F. SHEvhuzhev, ZH. T. Alagirova, R. A. Ulim-

basheva // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokozyajstvennoj akademii. – 2018. – №3. – S. 78–94.

8. Shevhuzhev, A. F. Formirovanie myasnoj produktivnosti molodnyaka cherno-pestrogo i pomesnogo skota pri ispolzovanii raznyh tekhnologij vyrashchivaniya / A. F. Shevhuzhev, R. A. Ulimbasheva, M. B. Ulimbashev // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokozyajstvennoj akademii. – 2017. – № 3. – S. 95–109.

9. Smolentsev, S.Yu. Effect of antioxidant on productivity of black-and-white cattle / S.Yu. Smolent-

sev, I. I. Strelnikova, G. R. Yusupova, E. K. Papunidi, I. T. Vafin, N. F. Sadykov, T. M. Zakirov, Z. F. Auhadeeva / Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. – Vol. 10. – № 12. – P. 3452–3454.

10. Smolentsev, S.Yu. Meat productivity of cattle depending on the composition of the ration / S.Yu. Smolentsev, A.Kh. Volkov, E. K. Papunidi, G. R. Yusupova, N. V. Nikolaev, Yu. V. Larina, N. K. Romanova / Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9. – № 4. – P. 1247–1251.

### Сведения об авторах:

**Хардина Екатерина Валерьевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии переработки продукции животноводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: chydo.izhevsk@rambler.ru).

**Краснова Оксана Анатольевна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры частного животноводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: krasnova-969@mail.ru).

**Картанова Татьяна Владимировна** – ветеринарный врач ООО «Увинский мясокомбинат» (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11).

**Вострикова Светлана Сергеевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии переработки продукции животноводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: svetlana.sidrenk@rambler.ru).

Ye. V. Khardina<sup>1</sup>, O. A. Krasnova<sup>1</sup>, T. V. Kartanova<sup>2</sup>, S. S. Vostrikova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Izhevsk State Agricultural Academy

<sup>2</sup>LLC “Uvinsky meat processing plant»

### ANALYSIS OF MEAT PRODUCTIVITY OF THE CATTLE BEING PROCESSED IN THE CONDITIONS OF LLC “UVINSKY MEAT PROCESSING PLANT” IN UDMURT REPUBLIC

*The article deals with a comprehensive analysis of the meat productivity of the slaughtered cattle and its primary processing in the LLC “Uvinsky Meat Processing Plant”, the Uvinsky district of the Udmurt Republic. The studies had been conducted according to plumb data 2020. In the course of research, it was found out that only two districts (Uva and Vavozhsky) provided the cattle in 2020, from which they had obtained 21 “super” category carcasses. This is the highest category rating. At the same time, the bulk of young cattle carcasses had been assessed within the categories “extra”, “excellent” and “good” (1311 pcs). However, there were also farms that received the carcasses of a “low” fatness category (Uvinsky, Seltinsky and Vavozhsky districts) (42 pcs). It is worth noting that according to the results of the commercial assessment of the carcasses for the adult cattle most of the carcasses were quite well fed and were evaluated as of the first category ones. According to the results of 2020, the company had received 608.8 tons of meat from the young cattle carcasses with 917.5 tons produced in live weight. The amount of meat in the carcasses of adult cattle was 180.1 tons, and 386.5 tons in live weight. Taking into account the yearly percentage of beef sales and the maximum yield of pulp, the company is not able to fully meet the needs of all deep processing shops.*

**Key words:** cattle; meat productivity; fatness category; young animals; adult cattle.

### Authors:

**Khardina Yekaterina Valerievna** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Technology of Livestock Products Processing, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: chydo.izhevsk@rambler.ru).

**Krasnova Oksana Anatolievna** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Private Animal Husbandry, Izhevsk State agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: krasnova-969@mail.ru)

**Kartanova Tatyana Vladimirovna** – Veterinarian, LLC “Uvinsky meat processing plant» (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation)

**Vostrikova Svetlana Sergeevna** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Technology of Livestock Products Processing, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: chydo.izhevsk@rambler.ru).

И. Ю. Брагин, Л. А. Пантелеева, П. Н. Покоев, Д. А. Васильев

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

## СРАВНЕНИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Образование воздушных зазоров магнитопровода при его сборке негативно влияет на работу трансформатора, и изучение этой проблемы актуально. Целью исследования является анализ существующих ферромагнитных материалов и сравнение их заводских характеристик для дальнейшего использования в ферромагнитной пасте. Основные задачи заключаются в анализе и сравнении свойств различных ферромагнитных материалов, обладающих высокой магнитной проницаемостью, для дальнейшего использования в качестве основного составляющего элемента ферромагнитной пасты. Для выполнения работы были проанализированы все существующие ферромагнитные материалы, которые используются в электротехнике, и изучены заводские показатели каждого материала с составлением сравнительных таблиц. Для сравнения были выбраны такие материалы, как ферриты, альсиферы, пермаллои, распыленное железо. Все материалы используются в электротехнике, но в разных оборудованиях, предназначенных для разных целей. Сравнив все материалы по их заводским характеристикам, получилось максимально точно понять, какой материал подходит лучше для разработки на его основе ферромагнитной пасты. В результате предложенный материал феррита на основе марганца-цинка марки 6000НМ идеально подходит для наших задач, связанных с разработкой ферромагнитной пасты, предназначенной для заполнения воздушных зазоров магнитопровода трансформатора.*

**Ключевые слова:** ферромагнетик; магнитная проницаемость; магнитно-мягкие; магнитно-твердые; гистерезис.

**Актуальность.** Сердечники магнитопровода трансформаторов собирают согласно определенной технологии. Делается это для того, чтобы постараться максимально избежать появления токов намагничивания. Напомним, что при сборке магнитопровода трансформатора используют шихтованное железо, сделанное из электротехнической стали, но как бы не старались производители трансформаторов, при сборке магнитопровода в нем остаются небольшие воздушные зазоры. Эти зазоры крайне пагубно влияют на работу трансформатора – увеличиваются вихревые токи, а вместе с ними увеличивается нагрев трансформатора, тем самым ухудшая изоляционные свойства обмоток и сокращая срок службы оборудования, повышая затраты электроэнергии [2, 11, 12].

Как мы говорили ранее, есть решение данной проблемы, оно заключается в заполнении воздушных зазоров магнитопровода специальной ферромагнитной пастой. Остается вопрос, из каких материалов лучше изготавливать ферромагнитную пасту. Наши опыты проводились с использованием ферромагнитного порошка марки Р-10, его мы будем использовать для дальнейшего сравнения с другими ферромагнитными материалами [1].

**Цель исследования:** путем сравнения заводских показателей ферромагнитных материалов выбрать наиболее подходящий для изготовления ферромагнитной пасты.

### Задачи:

1. Проанализировать, какие ферромагнитные материалы существуют.
2. Сравнить их заводские показатели по нескольким критериям.
3. Рассчитать стоимость ферромагнитной пасты с использованием каждого ферромагнитного материала.
4. Составить сравнительную таблицу выбранных материалов.
5. Сделать выводы и принять решение – какой материал использовать для ферромагнитной пасты.

**Материалы и методы.** Ферромагнитный материал – это твердый материал, способный намагничиваться под действием внешнего магнитного поля и частично сохранять приобретенную намагниченность после удаления внешнего поля. Это вещество, в котором магнитные моменты атомов и ионов находятся в состоянии самопроизвольного магнитного упорядочения, а результирующие магнитные моменты каждого из доменов отличны от нуля. Когда возникает внешнее магнитное поле, маг-

нитные моменты доменов приобретают ориентирование в сторону этого поля и ферромагнитное вещество начинает намагничиваться [3, 8].

Большинство веществ не обладает ферромагнитными свойствами, потому что при заполнении электронных оболочек атомов электроны начинают располагаться таким образом, что их магнитные поля направлены противоположно друг другу и тем самым компенсируются. При таком расположении электронов их потенциальная энергия взаимодействия приближена к нулю [7].

Если атомы имеют нечетное число электронов на оболочках, то магнитные поля неспаренных электронов начинают компенсироваться при соединении в молекулы или при объединении атомов в кристалл.

Атомы железа, кобальта, никеля в кристаллах располагаются таким образом, что их магнитные поля неспаренных электронов оказываются направленными параллельно друг другу и внутри кристалла образуются микроскопические намагниченные области, называемые доменами. В разных доменах ориентация магнитного поля отличается, их суммарное магнитное поле равно нулю. При помещении во внешнее магнитное поле внутренние магнитные поля доменов начинают ориентироваться по направлению внешнего поля – ферромагнетик начинает намагничиваться [5, 9].

Упорядоченное расположение магнитных полей электронов в доменах ферромагнетиков при высокой температуре начинает разрушаться из-за беспорядочных тепловых колебаний атомов в узлах кристаллической решетки. Температура, при которой ферромагнитное вещество начинает терять свои ферромагнитные свойства, называется температурой Кюри. В качестве примера можно рассмотреть железо, оно перестает быть ферромагнетиком при температуре 770 °С, а никель – при температуре 356 °С [6].

Ферромагнитные материалы можно поделить на два типа:

– Магнитно-мягкие – такие ферромагнитные материалы, у которых после прекращения действия внешнего магнитного поля собственное магнитное поле исчезает и вещество размагничивается. Они должны иметь высокую начальную и максимальную магнитную проницаемость и низкую коэрцитивную силу, а также обладать незначительными потерями при перемагничивании на вихревые токи. Характеризуются узкой петлей гистерезиса и сравнительно высоким электрическим со-

противлением. Из них изготавливают сердечники трансформаторов и электромагнитов.

– Магнитно-твердые – характеризуются широкой петлей гистерезиса и соответствуют большим значениям остаточной намагниченности и коэрцитивной силы. Такие материалы используются для изготовления постоянных магнитов, обладающих высокими значениями коэрцитивной силы и большой остаточной магнитной индукцией [10].

Ферромагнитные вещества характеризуются:

– Большой магнитной восприимчивостью (значение выше 1).

– Нелинейной зависимостью от напряженности магнитного поля и температуры.

– Способностью намагничиваться до насыщения при обычных температурах даже в слабых магнитных полях.

– Точкой Кюри – температурой, выше которой материал теряет ферромагнитные свойства.

– Зависимостью магнитных свойств от предшествующего магнитного состояния – гистерезис.

К ферромагнитным веществам относят железо, никель, кобальт, их сплавы, а также некоторые сплавы марганца, серебра, алюминия.

Ферромагнитные свойства вещества могут возникать лишь при достаточном значении обменного взаимодействия, что характерно для кристаллов железа, кобальта, никеля и других. Значение обменного взаимодействия ферромагнетики имеют лишь в твердом состоянии, поэтому они отсутствуют в природе жидких и газообразных ферромагнетиков.

В сплавах, целиком состоящих из парамагнитных компонентов, присутствие ферромагнетизма обуславливается благодаря наличию марганца или хрома, введению в решетку основы атомов висмута, сурьмы, серы и теллура, изменяющих электронную структуру кристаллов, в результате чего создаются условия для возникновения ферромагнетизма [4].

Магнитная проницаемость – это величина, характеризующая магнитные свойства материала. Она зависит от значения напряженности магнитного поля и может изменяться от единиц до десятков тысяч. Она показывает, во сколько раз магнитная проницаемость материала больше магнитной проницаемости вакуума. Магнитные материалы с высокой проницаемостью изготавливаются путем отжига, осуществляемого выдерживанием при температуре около 1000 °С с последующим плавным охлаждением до температуры окружаю-

щей среды. Очень важны предварительные механическая и термическая обработки, а также отсутствие в материале примесей.

Магнитоэлектрики – это металлопластические магнитные материалы, состоящие из многокомпонентных композиций на основе смеси ферромагнитных порошков со связующими веществами, являющимися изоляторами. Они характеризуются постоянством магнитной проницаемости, большим удельным электросопротивлением, низкими потерями на вихревые токи и на гистерезис.

В качестве исходных магнитных материалов применяются карбонильные или электролитическое железо, пермаллой, альсифер железоникелькобальтовые сплавы и другие ферромагнетики.

Для изоляции ферромагнитных частиц порошков используют различные искусственные смолы типа бакелита стирола, аминопласта, а также силиконы, пластмассы, силикаты, жидкое стекло и другие материалы, хорошо покрывающие частицы ферромагнетика и образующие сплошную изоляционную пленку.

Нами были выбраны несколько материалов, все они относятся к сильномагнитным веществам и их главное свойство – магнитный гистерезис.

Ферриты – применяются в трансформаторах и дросселях для импульсных источников электропитания. Имеют высокие уровни индукции насыщения в сочетании с большими величинами магнитной проницаемости. Компоненты, входящие в ферриты, образуют между собой обширные области твердых растворов, в которых присутствуют магнитные материалы с очень широким диапазоном свойств. Эти материалы могут быть магнитно-твердыми и магнитно-мягкими.

Распыленное железо – применяется в недорогих дросселях для сильных токов или выходных дросселях выпрямителей. Очень высокие пределы индукции насыщения и низкие величины магнитной проницаемости, также способен работать при очень высоких температурах. Имеет низкое электросопротивление, поэтому для изделий из него характерны большие потери на вихревые токи.

Альсиферы – применяются в экономичных дросселях для сильных токов с малыми потерями, имеют самые высокие пределы индукции насыщения и низкие величины магнитной проницаемости, имеют низкие потери в сердечнике и способны работать в условиях перегрева.

Пермаллой – применяются в дросселях для сильных токов с наиболее низкими поте-

рями на гистерезис, имеют высокие уровни индукции насыщения и низкие величины магнитной проницаемости, а также имеют самые низкие потери в сердечнике (рис. 1–3).

**Результаты исследования.** Сравним свойства гистерезиса материалов:

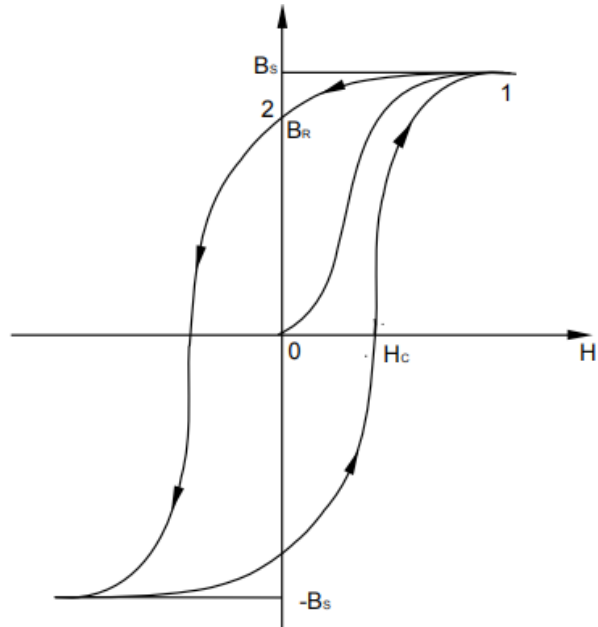


Рисунок 1 – Гистерезис ферритам

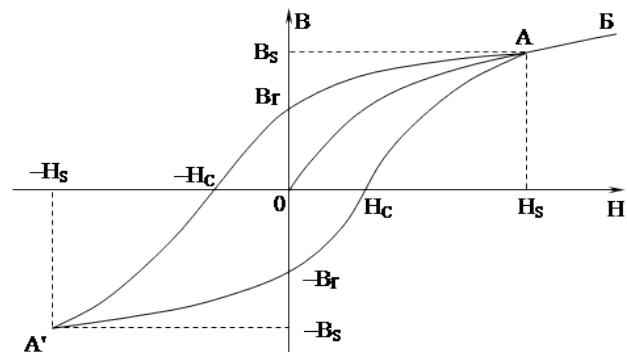


Рисунок 2 – Гистерезис альсифера

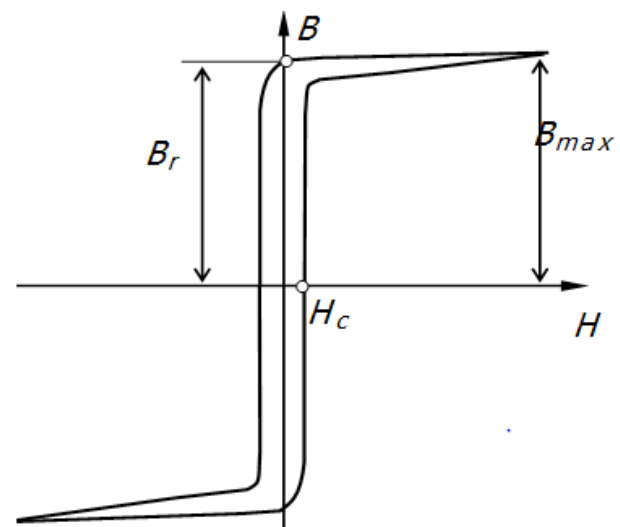


Рисунок 3 – Гистерезис пермаллоя



Составим сравнительную таблицу по основным показателям материалов (табл. 1).

Особое внимание стоит уделить стоимости материала, ведь от того, сколько будет стоить ферромагнитная паста на основе выбранного порошка, будет ясно, сколько потребуется времени на ее окупаемость (рис. 4).

По данным сравнительной таблицы видим, что по совокупности различных показателей нам подходят ферриты. Ферриты существуют разных марок, поэтому мы можем их сравнить между собой и остановить свой выбор на определенной марке с лучшими показателями для наших целей (табл. 2).

**Выводы.** Для наших целей лучше всего подходят ферриты на основе марганца-цинка марки 6000 НМ, они имеют высокую магнитную проницаемость, к тому же сердечники из таких ферритов чаще всего применяют в силовой электронике и аппаратуре преобразования электрической энергии. Они способны работать в самых сильных магнитных полях по сравнению с другими материалами. Их удельное сопротивление порядка единиц Ом-метров. Оптимальный рабочий частотный диапазон и величина магнитной проницаемости в совокупности с невысокой ценой идеально подходят для наших будущих образцов ферромагнитных паст.

Таблица 1 – Сравнение ферромагнитных материалов

Сравниваемые параметры материалов	Ферриты	Распыленное железо	Альсиферы	Пермаллой
Состав материала	Mn + Zn + Fe oxide	Fe (100 %)	Fe (85 %) + Si (8 %) + Al (6 %)	Ni (81 %) + Fe (17 %) + Mo (2 %)
Магнитная проницаемость	10000	100	125	550
Насыщение, Тл	0,5	1,5	1,05	0,75
Точка Кюри, °С	220 °С	770 °С	550 °С	550 °С
Мощность потерь, МВт/см <sup>3</sup>	230	800	200	120
Стоимость за 1 кг, руб.	2399,00	3750,00	3229,00	2000,00

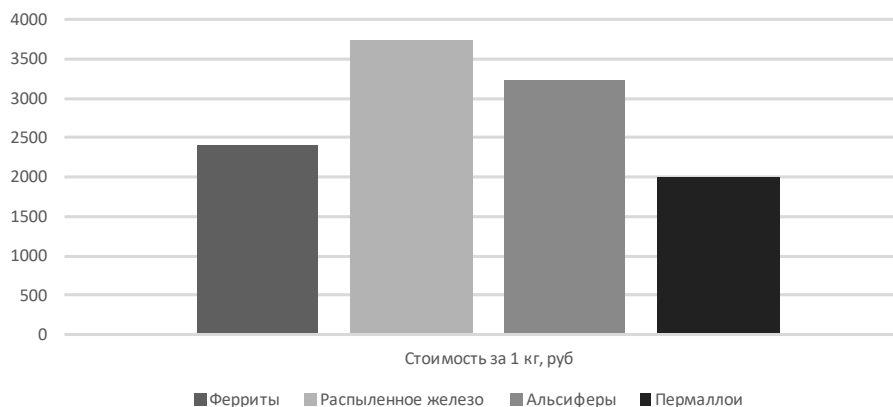


Рисунок 4 – Сравнительная диаграмма стоимости материалов

Таблица 2 – Сравнение разных марок феррита

Параметр	Марка феррита					
	6000 НМ	4000 НМ	3000 НМ	2000 НМ	1500 НМ	1000 НМ
Начальная магнитная проницаемость	6000	4000	3000	2000	1500	1000
Относительный температурный коэффициент начальной магнитной проницаемости в интервале температур от 20 °С до 70 °С	0,2–1,5	0,5–1,5	1,0–2,0	-2,0– +4,5	-1,1– +7,0	-0,5– +8,5
Магнитная индукция при напряженности магнитного поля 800 А/м, Тл	0,35	0,36	0,38	0,39	0,35	0,35
Максимальная магнитная проницаемость	10 000	7000	3500	3500	–	1800
Напряженность магнитного поля при максимальной магнитной проницаемости, А/м	12	16	20	20	–	40
Остаточная магнитная индукция, Тл	0,11	0,13	0,15	0,14	–	0,11

**Список литературы**

1. Алексеев, Н. К. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебное пособие / Н. К. Алексеев, В. М. Шевцов. – Чебоксары: Чувашский ун-т, 2009. – 140 с.
2. Брагин, И. Ю. Испытание магнитных свойств ферромагнитного порошка / И. Ю. Брагин, М. А. Захаров // Студенческая наука: современные технологии и инновации в АПК: м-лы Всерос. студенческой науч. конф., 18–21 марта 2017 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 98–100.
3. Захаров, М. А. Методы снижения потерь в силовых трансформаторах / М. А. Захаров, И. Ю. Брагин // Научные труды студентов факультета энергетики и электрификации ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 33–35.
4. Куликов, М. Н. Зависимость тока намагничивания катушки от материала, заполняемого в зазор магнитной цепи / М. Н. Куликов, В. А. Носков // Инновация в науке, технике и технологиях: м-лы Всерос. науч.-практ. конф., 28–30 апреля 2014 г. – Ижевск: Удмуртский университет, 2014. – С. 141–143.
5. Семенов, А. Л. Магнитные материалы микро- и наноэлектроники: учебное пособие / А. Л. Семенов, А. А. Гаврилюк, Н. К. Душутин, Ю. В. Ясюкевич. – Иркутск: Иркутский ГУ, 2012. – 147 с.
6. Масленников, А. В. Испытание электропроводимости ферромагнитного порошка / М. Н. Куликов, А. В. Масленников, В. А. Носков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – №1 (38). – С. 14–16.
7. Миндлин, Б. И. Изотропная электротехническая сталь: монография / Б. И. Миндлин, В. П. Настич, А. Е. Чеглов. – М.: ИнтерметИнжиниринг, 2011. – 239 с.: ил.
8. Пасынков, В. В. Материалы электронной техники: учебник. – 6-е изд., перераб. и доп. / В. С. Соколин. – СПб.: Лань, 2010. – 368 с.
9. Покоев, П. Н. Испытание трансформатора по уменьшению намагничивающей мощности / П. Н. Покоев, В. А. Носков // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всерос. науч.-практ. конф.; 16–19 февр. 2016 г. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – Т. 2. – С. 243–245.
10. Разработка и исследование ферромагнитной пасты повышенной вязкости / И. Ю. Брагин, П. Л. Лekomцев, Л. А. Пантелеева [и др.] // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического университета. – 2020. – № 6 (109). – С. 36–48.
11. Dorodov, P. V. Rigidity, creep and dynamic strength of plastics for three-dimensional printing of machine parts / P. V. Dorodov, V. V. Kasatkin, P. L. Lekomcev, V. A. Petrov, A. M. Niyazov // Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. – Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. – P. 52045.

12. Maksimov, A. N. On the question of numerical modeling of the flow stability of bodies / A. N. Maksimov, P. L. Lekomtsev, L. M. Rybakov, N. V. Obolensky, S. A. Ovchukova, L. A. Maksimova, N. N. Arinina, E. G. Gonik, N. V. Ivanova, A. G. Terentyev // Journal of Physics: Conference Series. International Conference “Information Technologies in Business and Industry” – 2 – Mathematical Simulation and Computer Data Analysis. – 2019. – P. 032096.

**Spisok literatury**

1. Alekseev, N. K. Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki. Elektromagnitnoe pole: uchebnoe posobie / N. K. Alekseev, V. M. Shevcov. – CHEboksary: CHuvashskij un-t, 2009. – 140 s.
2. Bragin, I. YU. Ispytanie magnitnyh svojstv ferromagnitnogo poroshka / I. YU. Bragin, M. A. Zaharov // Studencheskaya nauka: sovremennye tekhnologii i innovacii v APK: m-ly Vseros. studencheskoj nauch. konf., 18–21 marta 2017 g. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2017. – S. 98–100.
3. Zaharov, M. A. Metody snizheniya poter' v silovyh transformatorah / M. A. Zaharov, I. YU. Bragin // Nauchnye trudy studentov fakul'teta energetiki i elektrifikacii FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2018. – S. 33–35.
4. Kulikov, M. N. Zavisimost' toka namagnichivaniya katushki ot materiala, zapolnyaemogo v zazor magnetnoj cepi / M. N. Kulikov, V. A. Noskov // Innovaciya v nauke, tekhnike i tekhnologiyah: m-ly Vseross. nauch.-prakt. konf., 28–30 aprelya 2014 g. – Izhevsk: Udmurtskij universitet, 2014. – S. 141–143.
5. Semenov, A. L. Magnitnye materialy mikro- i nanoelektroniki: uchebnoe posobie / A. L. Semenov, A. A. Gavrilyuk, N. K. Dushutin, YU. V. YAsyukevich. – Irkutsk: Irkutskij GU, 2012. – 147 s.
6. Maslennikov, A. V. Ispytanie elektroprovodimosti ferromagnitnogo poroshka / M. N. Kulikov, A. V. Maslennikov, V. A. Noskov // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2014. – №1 (38). – С. 14–16.
7. Mindlin, B. I. Izotropnaya elektrotekhnicheskaya stal': monografiya / B. I. Mindlin, V. P. Nastich, A. E. Chegllov. – M.: IntermetInzhiniring, 2011. – 239 s.: il.
8. Pasynkov, V. V. Materialy elektronnoj tekhniki: uchebnik. – 6-e izd., pererab. i dop. / V. S. Sorokin. – SPb.: Lan', 2010. – 368 s.
9. Pokoev, P. N. Ispytanie transformatora po umen'sheniyu namagnichivayushchej moshchnosti / P. N. Pokoev, V. A. Noskov // Nauchnoe i kadrovoe obespechenie APK dlya prodovol'stvennogo importozameshcheniya: m-ly Vseros. nauch.-prakt. konf.; 16–19 fevr. 2016 g. V 3 t. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2016. – Т. 2. – С. 243–245.
10. Razrabotka i issledovanie ferromagnitnoj pasty povyshennoj vyazkosti / I. YU. Bragin, P. L. Lekomcev, L. A. Panteleeva [i dr.] // Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo inzhenerno-ekonomicheskogo universiteta. – 2020. – № 6 (109). – С. 36–48.
11. Dorodov, P. V. Rigidity, creep and dynamic strength of plastics for three-dimensional printing of

machine parts / P. V. Dorodov, V. V. Kasatkin, P. L. Lekomtsev, V. A. Petrov, A. M. Niyazov // Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. – Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. – P. 52045.

12. Maksimov, A. N. On the question of numerical modeling of the flow stability of bodies / A. N. Maksimov, P. L. Lekomtsev, L. M. Rybakov, N. V. Obolensky, S. A. Ovchukova, L. A. Maksimova, N. N. Arinina, E. G. Gonik, N. V. Ivanova, A. G. Terentyev // Journal of Physics: Conference Series. International Conference “Information Technologies in Business and Industry” – 2 – Mathematical Simulation and Computer Data Analysis. – 2019. – P. 032096.

#### Сведения об авторах:

**Брагин Иван Юрьевич** – аспирант кафедры электротехники, электрооборудования и электроснабжения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: vaniabra@mail.ru).

**Пантелеева Лариса Анатольевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники, электрооборудования и электроснабжения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: panlar@bk.ru).

**Покоев Пётр Николаевич** – старший преподаватель кафедры электротехники, электрооборудования и электроснабжения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: pokoev@yandex.ru).

**Васильев Даниил Александрович** – старший преподаватель кафедры электротехники, электрооборудования и электроснабжения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: 79128747827@yandex.ru).

I. Yu. Bragin, L. A. Panteleyeva, P. N. Pokoyev, D. A. Vasiliev  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

#### COMPARISON OF FERROMAGNETIC PROPERTIES OF DIFFERENT MATERIALS

*The relevance of the work lies in investigation of the air gaps formation of the magnetic core during its assembly that negatively affects the transformer's operation. The aim of the study is to analyze existing ferromagnetic materials and compare their factory characteristics for further use in ferromagnetic paste. The main tasks are to analyze and compare the properties of various ferromagnetic materials with high magnetic permeability for further use as that of the main component of the ferromagnetic paste. For the purpose, all existing ferromagnetic materials to have been used in electrical engineering were analyzed, and the factory indicators of each material were studied with the compilation of comparative tables. For comparison, such materials as ferrites, alsifers, permalloys, and sputtered iron had been selected. All materials are known to be used in electrical engineering, but in different equipment for different purposes. Having compared all the materials to their factory characteristics, it turned out to most accurately understand which material suited best for the development of ferromagnetic paste based on it. As a result, the proposed manganese zinc ferrite material of the 6000NM brand have proved to be ideal for fulfillment the tasks related to the development of a ferromagnetic paste designed to fill the air gaps of the transformer's magnetic circuit.*

**Key words:** *ferromagnetic; magnetic permeability; soft magnetic; magnetic-solid; hysteresis.*

#### Authors:

**Bragin Ivan Yurievich** – Undergraduate Student, Department of Electrical Engineering, Electrical Equipment and Power Supply, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: vaniabra@mail.ru).

**Panteleyeva Larisa Anatolievna** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Electrical Engineering, Electrical Equipment and Power Supply, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: panlar@bk.ru).

**Pokoyev Piotr Nikolayevich** – Senior Lecturer, Department of Electrical Engineering, Electrical Equipment and Power Supply, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: pokoev@yandex.ru).

**Vasiliev Daniil Aleksandrovich** – Senior Lecturer, Department of Electrical Engineering, Electrical Equipment and Power Supply, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russia Federation, e-mail: 79128747827@yandex.ru).

А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. А. Баженов, В. И. Широбоков

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

## ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВАЛА-ШЕСТЕРНИ ГИДРОМОТОРА BOSCH REXROTH AZMF

Разработана актуальная технология восстановления вала-шестерни гидромотора Bosch Rexroth AZMF. Основной целью исследований является восстановление изношенных опорных поверхностей вала-шестерни. При восстановлении изношенных поверхностей реализована технология лазерной наплавки, обеспечивающая низкое термическое воздействие на поверхность вала и высокие физико-механические свойства восстановительных покрытий. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: микрометрический анализ изношенных поверхностей вала-шестерни; разработка методики нанесения восстановительного покрытия. Методика нанесения восстановительных покрытий подразумевает наплавку сварочной проволоки Св-65Г для наращивания глубоких износов и наплавку мелкодисперсной порошковой композиции при наращивании износов менее 100 мкм. Твердость восстановительных покрытий колеблется от HRC60 до HRC90 в зависимости от используемого присадочного материала и превышает значения по техническому условию. Шероховатость восстановленных поверхностей после механической обработки составляет Ra 0,32 и соответствует техническим условиям. Высокая твердость поверхностей в совокупности с низкой шероховатостью в условиях эксплуатации могут обеспечить более высокий ресурс вала-шестерни гидромотора.

**Ключевые слова:** гидромотор; вал-шестерня; восстановление; лазерная наплавка; микрометрические исследования

**Актуальность исследований.** Гидроприводы находят все большее применение в машиностроении. Преимуществом гидравлических систем является их высокая надежность и простота в эксплуатации. Основными агрегатами гидроприводов являются гидронасосы и гидромоторы. Гидромоторы выполняют основную функцию по трансформации кинетической энергии жидкости в механическую энергию вращения, которая приводит в движение рабочие органы машин и механизмов. В машиностроении наибольшее применение находят шестеренчатые гидромоторы (рис. 1).

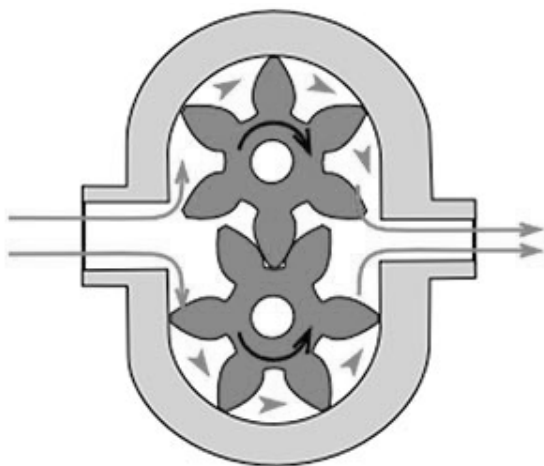


Рисунок 1 – Схема работы шестеренчатого гидромотора

Шестеренчатый гидромотор (обозначается ГМШ), как и насос шестеренного типа, работает по принципу зацепления двух шестерен, только в обратном направлении. При подаче жидкости на шестерни они начинают вращаться и таким образом приводят в движение вал. Основным рабочим органом гидромотора является вал-шестерня. В качестве объекта исследований рассмотрели вал-шестерню гидромотора Bosch Rexroth AZMF. Гидромоторы модели Bosch Rexroth AZMF используются для вращения вентиляторов системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания.

В процессе эксплуатации вал-шестерня подвержена изнашиванию по опорным поверхностям (рис. 2). При наработке до 500 тыс. км наблюдается радиальное биение вала-шестерни и течь масла в месте контакта вала и уплотнительной манжеты. Причинами этого являются износ опорных шеек под втулку  $d_{1н}$  и  $d_{1н}$ , износ посадочного места  $d_m$  (рис. 2) и самой манжеты. При этом ресурс работы зубчатых колёс далеко не исчерпан. Поэтому восстановление опорных поверхностей под втулку и посадочной шейки под манжету является актуальным.

При выборе способа восстановления исходили из возможности получения физико-механических свойств покрытий, соответствующих техническим условиям или же превы-

шающих их, что позволит увеличить ресурс вала-шестерни. Кроме этого немаловажными параметрами являются низкое термическое воздействие на поверхность изделия и малый припуск на механическую обработку. Для восстановления малых износов в ремонтном производстве реализуется большое количество способов [1–6]. Из ряда работ [7–11] следует, что наиболее оптимальным и экономически выгодным является лазерная наплавка. Исходя из вышесказанного, целью данной работы является восстановление работоспособности вала-шестерни гидромотора Bosch Rexroth AZMF с использованием лазерной наплавки. В соответствии с целью в работе решаются следующие задачи:

- проведение микрометрических исследований вал-шестерни гидромотора;
- проведение восстановительных мероприятий и контроль качества.

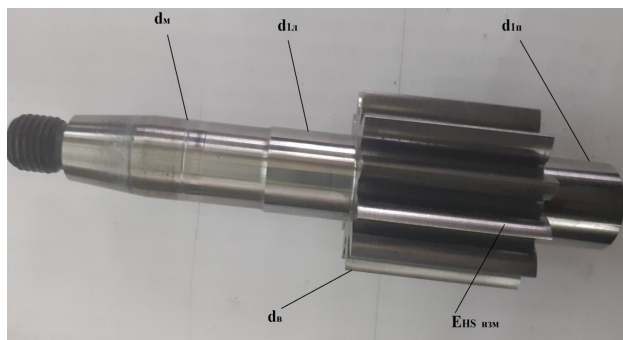


Рисунок 2 – Измеряемые параметры ведущего вала:

$d_m$  – диаметр вала под манжету;  
 $d_{1л}$  – диаметр левой опорной шейки ведущего вала;  $d_{1п}$  – диаметр правой опорной шейки ведущего вала;  $d_в$  – диаметр ведущего колеса по вершинкам зубьев;  $E_{HS\text{ изм}}$  – величина смещения исходного контура ведущего зубчатого колеса

**Методика исследований.** Для оценки возможности восстановления работоспособности вала-шестерни гидромотора произвели микрометрический анализ изношенных поверхно-

стей детали. Для выполнения поставленной цели и решения задач провели микрометрические исследования трех валов (табл. 1). Измеряемые параметры вала-шестерни гидромотора приведены на рисунке 2. Для анализа технического состояния измеряли следующие параметры:  $d_{1л}$  – диаметр левой опорной шейки вала;  $d_{1п}$  – диаметр правой опорной шейки вала;  $E_{HS\text{ изм вк}}$  – величина смещения исходного контура ведомого зубчатого колеса. Кроме того измерялись конусность и овальность сопрягаемых поверхностей деталей.

Для микрометрического анализа использовали следующие средства измерения: набор плоскопараллельных концевых мер длины 2-го класса, индикатор ИЧ-10 на стойке, микрометр (ИИГПВ ГОСТ 28798-90), тангенциальный зубомер 23500 по ГОСТ 4446-81. Контроль восстановленных поверхностей выполняли с использованием этих же средств измерения.

Результаты микрометрических исследований представлены в таблице 1.

Таким образом, наибольшее влияние на ресурс и надежность вала-шестерни при эксплуатации оказывают износ поверхности под манжету и износы опорных шеек вала под втулку.

Анализ состояния изношенных поверхностей показывает, что износ имеет различный характер, определяемый условиями контактирования, смазки и динамического нагружения. Хвостовик вала в процессе эксплуатации контактирует с тонкой шейкой манжеты, что в совокупности с абразивом в зоне контакта формирует узкую полосу изношенной части шириной от 50 до 100 мкм. Глубина изношенной части колеблется в пределах от 50 до 120 мкм. Кроме этого поверхность под манжету  $d_m$  также изнашивается с предельным износом 0,07 мм. Данное сочетание дефектов требует иного подхода к восстановлению, в частности, нами предложена технология восстановления по следующей схеме:

Таблица 1 – Результаты измерения параметров вала-шестерни гидромотора

Наименование параметра гидромотора	Значение параметра до восстановления, м $10^{-3}$				Заключение
	По ТУ	Гидромотор №			
		1	2	3	
1. Диаметр $d_m$	17 <sub>-0,027</sub>	16,91	16,97	16,94	Требует ремонта
2. Диаметр $d_{1л}$ – овальность	18 <sub>-0,027</sub> 0,01	17,95 0,002	17,955 0,003	17,962 0,004	Требует ремонта
3. Диаметр $d_{1п}$ – овальность	18 <sub>-0,027</sub> 0,01	17,95 0,002	17,964 0,001	17,970 0,006	Требует ремонта
4. $E_{HS\text{ изм}}$	- 0,04... – 0,076	- 0,052	- 0,043	- 0,047	Соответствует ТУ

Восстановление изношенной канавки методом импульсной лазерной наплавки проволоки. В качестве присадочного материала использовали электродную проволоку диаметром 0,5 мм Св-65Г. Наплавку производили в автоматическом режиме с использованием лазерной установки LRS 400 производства ООО «Булат» (рис. 3а). Канавку наплавляли в импульсно-периодическом режиме с частотой импульсов 30 Гц с мощностью импульса 8 Гц.

Наплавку электродной проволоки производили с использованием приводного электродвигателя, настроенного под расчетную скорость вращения.

Подачу проволоки в зону оплавления производили вручную без использования защитной камеры (высокая скорость охлаждения и малый период нахождения сварочной ванны в жидком состоянии не вызывают окисление металла шва) [12].

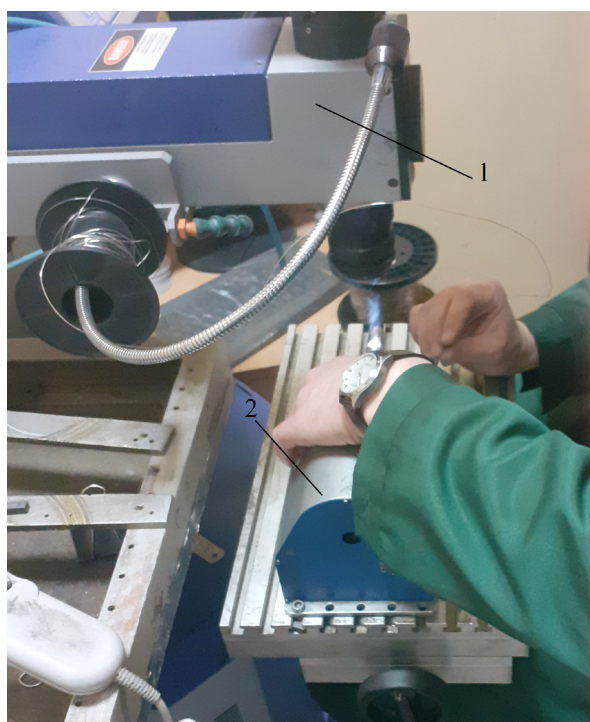
Восстановление размера  $d_m$  (табл. 1) производили с использованием высокочастотного волоконного лазерного генератора (рис. 3б). Для формирования покрытия толщиной 100 мкм использовали мелкодисперсную порошковую композицию на основе никеля, дополнительно легированного карбидом кремния SiC (упрочняющая фаза) и оксидом цир-

кония в качестве стабилизирующей фазы. Соотношение легирующих компонентов обосновано в работах [13, 14, 15] и принято 7 % карбида кремния и 5 % оксида циркония. Механические свойства и структура покрытия соответствуют требованиям условий эксплуатации вал-шестерни. Наплавку производили в среде защитного газа аргона для предотвращения окисления компонентов порошковой композиции.

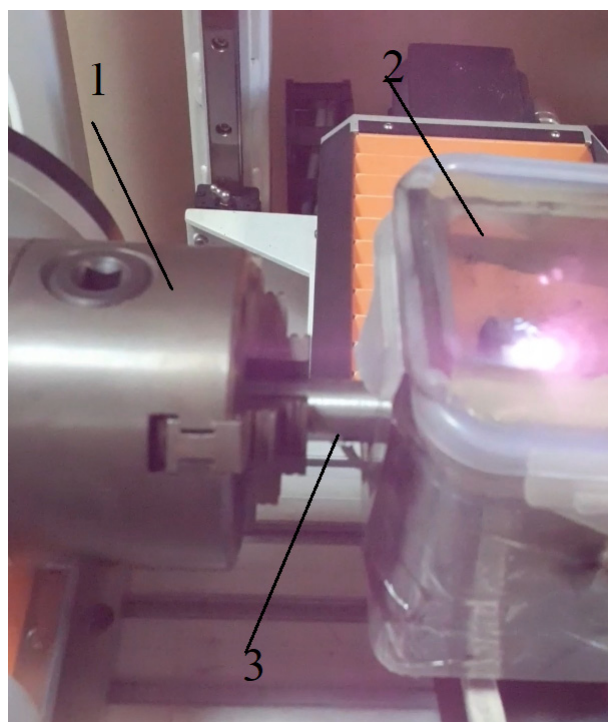
Скорость наплавки составила 100 мм/с, частота следования импульсов 40 кГц. Восстановление изношенных поверхностей  $d_{1n}$ ,  $d_{1n}$  (табл. 1) под опорные шейки вала-шестерни выполнили по технологии в соответствии с рисунком 3б, с сохранением материалов и режимов обработки.

Технологический процесс наращивания восстановительных покрытий на изношенных поверхностях представлен в таблице 2.

После нанесения восстановительных покрытий поверхности дополнительно проанализировали на твердость с целью соответствия техническим требованиям. Определение твердости и микротвердости восстановленных покрытий проводили по общеизвестной методике с применением прибора ПМТ-3 при нагрузке на алмазную пирамидку в 100 г (ГОСТ 9450-76).



а)



б)

Рисунок 3 – Лазерная наплавка изношенных поверхностей различными способами:

а) 1 – лазерная установка; 2 – приводной электродвигатель;

б) 1 – приводной электродвигатель; 2 – защитная камера; 3 – восстанавливаемый вал

Таблица 2 – Технологический процесс восстановления опорных поверхностей вала-шестерни гидронасоса

№ операции	Наименование операции	Оборудование, приспособление, инструмент
005	Моечная	Раствор «Лабомид 315»
010	Дефектовочная	Микрометр МК-0-20-0.01 ГОСТ 6507-60, микрокатор 1ИГПВ ГОСТ 28798-90, тангенциальный зубомер 23500 по ГОСТ 4446-81, индикатор ИЧ-10 на стойке
015	Механическая (шлифовальная)	ЗМ151, эльборовый абразивный круг ПП 600×80×305, СОЖ «Укринол-1»
020	Наплавочная (лазерная наплавка)	Иттербиевый волоконный лазер, твердотельный лазерный генератор импульсно-периодического действия, защитная камера (цеховая), приводной электродвигатель, порошковый присадочный материал, электродная проволока Св-65Г.
025	Механическая (шлифовальная)	ЗМ151, эльборовый абразивный круг ПП 600×80×305, СОЖ «Укринол-1»
030	Контрольная	Микрометр МК-0-20-0.01 ГОСТ 6507-60, микрокатор 1ИГПВ ГОСТ 28798-90, индикатор ИЧ-10 на стойке

**Результаты исследований.** На первом этапе восстановления вала-шестерни произвели наплавку тонких канавок на поверхности хвостовика вала-шестерни (рис. 4а).

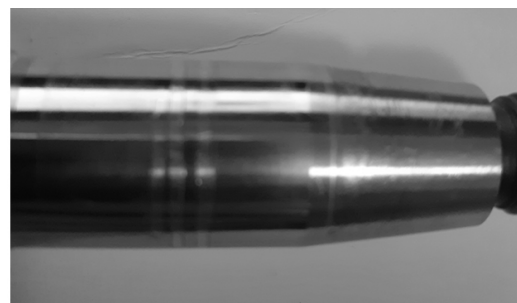
Структура поверхности наплавленного валика ровная, без видимых пор и раковин. Следы окисления не проявляются, отслоения от поверхности детали не наблюдается. При увеличении до 10 раз поверхность наплавленного валика без видимых трещин. Твердость наплав-

ленного валика по Виккерсу составила 728 кг/мм<sup>2</sup>, что соответствует HRC 68-70 (по техническим условиям HRC 38-42), полученная твердость в полной мере удовлетворяет требованиям технических условий. Высота наплавленного валика 120 мкм, ширина 200 мкм.

Опорные шейки восстановили с использованием порошковой композиции методом короткоимпульсной обработки в среде защитного газа (рис. 5).

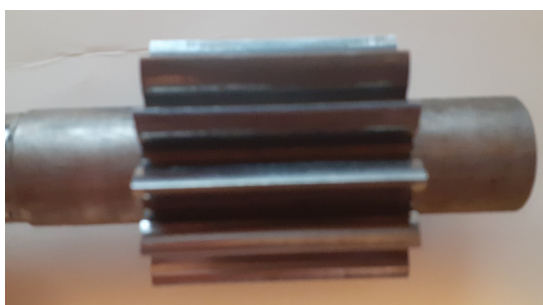


а)



б)

Рисунок 4 – Поверхность дефекта после нанесения восстановительного покрытия (а), после механической обработки (б)



а)



б)

Рисунок 5 – Поверхность опорных шеек после нанесения восстановительного покрытия (а), после механической обработки (б)

Поверхность наплавленного слоя равномерная, с небольшой шероховатостью, без следов окисления и отшелушивания от поверхности. Толщина покрытия на диаметр составила 80 мкм, что больше, чем величина предельного износа поверхности. Твердость поверхности, по Виккерсу, составила 970 кгс/мм<sup>2</sup>, что соответствует HRC 88-90. Шероховатость восстановленных поверхностей составляет Ra 0,32 и соответствует техническим требованиям.

**Выводы.** Реализовали технологию восстановления работоспособности вал-шестерни гидромотора Bosch Rexroth AZMF. Из микрометрического анализа следует, что выход из строя гидронасоса связан с износом опорных поверхностей под втулку и манжету. Для восстановления изношенных поверхностей применили технологию импульсной лазерной наплавки с использованием электродной проволоки Св-65Г и порошковой композиции на основе никеля. Твердость восстановленных покрытий превышает твердость по техническому условию более чем на 70 %, поэтому следует ожидать повышения ресурса вала-шестерни турбокомпрессора. Разработанная технология восстановления может быть использована в условиях массового ремонтного производства гидромоторов и гидронасосов.

### Список литературы

1. Рафиков, И. А. Опыт восстановления деталей плазменной наплавкой в переменном магнитном поле / И. А. Рафиков, Р. Н. Сайфуллин // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 111. – № 2. – С. 202–205.
2. Стрелков, С. М. Некоторые проблемы восстановления подшипниковых сопряжений турбокомпрессоров / С. М. Стрелков, А. Г. Ипатов, А. Н. Давыдов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – № 1 (38). – С. 32–34.
3. Velichko, S. A. Formation of thick layer electrospark coatings for restoring worn-out parts of power hydraulic cylinders / S. A. Velichko, P. V. Senin, V. I. Ivanov, A. V. Martynov, P. V. Chumakov // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2017. – Т. 53. – № 2. – С. 116–123.
4. Малинин, А. В. Эффективность применения анаэробных полимерных материалов в ремонтном производстве / А. В. Малинин // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2020. – № 1 (10). – С. 1663–1666. – URL: [http://nts-izhgsha.ru/assets/nauchtrudstud\\_1-2020.pdf](http://nts-izhgsha.ru/assets/nauchtrudstud_1-2020.pdf).
5. Волков, С. В. Ремонт и восстановление катков опорных гусеничной техники / С. В. Волков // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2020. – № 2 (11). – С. 1268–1271. – URL: [http://nts-izhgsha.ru/assets/nauchtrudstud\\_2-2020.pdf](http://nts-izhgsha.ru/assets/nauchtrudstud_2-2020.pdf).
6. Павлов, П. Э. Интенсификация очистки деталей тракторов и автомобилей / П. Э. Павлов // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2020. – № 2

(11). – С. 1367–1370. – URL: [http://nts-izhgsha.ru/assets/nauchtrudstud\\_2-2020.pdf](http://nts-izhgsha.ru/assets/nauchtrudstud_2-2020.pdf).

7. Ипатов, А. Г. Повышение износостойкости подшипников скольжения сверхтвердыми материалами / А. Г. Ипатов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2019. – № 10. – С. 16–20.

8. Ипатов, А. Г. Способ формирования покрытия и установка для его осуществления / С. М. Стрелков, С. С. Стрелков, Е. В. Харанжевский // Патент на изобретение RUS 2497978 22.07.2011.

9. Ipatov, A. G. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitrid / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy // Journal of Friction and Wear. – 2019. – Vol. 40. – № 6. – P. 588–592.

10. Ipatov, A. G. An analysis of the functional properties of super hard coatings on boron carbide synthesized by short-pulse laser processing / G. Ya. Ostaev, S. N. Shmykov, L. Ya. Novikova, I. A. Deryushev // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – Т. 9. – № 2. – P. 921–928.

11. Ipatov, A. G. Modification of the Bearing Interfaces of a TKR7C-6 Turbocharger / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy, A. G. Ivanov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2020. – Vol. 49. – № 6. – P. 545–549.

12. Ипатов, А. Г. Перспективное развитие современных технологических процессов восстановления деталей машин / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, С. М. Стрелков // Развитие инженерного образования и его роль в технической модернизации АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 65-летию подготовки инженеров-механиков Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2021. – С. 93–99.

13. Ипатов, А. Г. Сравнительные трибологические свойства сверхтвердых антифрикционных покрытий на основе карбида бора / А. Г. Ипатов, К. Г. Волков // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной году науки и технологии в России. – Ижевск, 2021. – С. 32–35.

14. Харанжевский, Е. В. Особенности формирования керамических восстановительных покрытий / Е. В. Харанжевский, А. Г. Ипатов, К. Г. Волков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2021. – № 1 (65). – С. 51–55.

15. Shirobokov, V. Quality and energy indicators of grain crusher as a function of screen wear / V. Shirobokov, O. Fedorov, A. Ipatov, S. Shmykov, L. Novikova // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – Т. 8. – № 3. – С. 710–715.

### Spisok literatury

1. Rafikov, I. A. Opyt vosstanovleniya detalej plazmennoj naplavkoj v peremennom magnitnom pole / I. A. Rafikov, R. N. Sajfullin // Trudy GOSNITI. – 2013. – Т. 111. – № 2. – С. 202–205.
2. Strelkov, S. M. Nekotorye problemy vosstanovleniya podshipnikovyh sopryazhenij turbokompressorov /



S. M. Strelkov, A. G. Ipatov, A. N. Davydov // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2014. – № 1 (38). – S. 32–34.

3. Velichko, S. A. Formation of thick layer electro-spark coatings for restoring worn-out parts of power hydraulic cylinders / S. A. Velichko, P. V. Senin, V. I. Ivanov, A. V. Martynov, P. V. Chumakov // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2017. – T. 53. – № 2. – S. 116–123.

4. Malinin, A. V. Effektivnost' primeneniya anaerobnyh polimernykh materialov v remontnom proizvodstve / A. V. Malinin // Nauchnye trudy studentov Izhevskoj GSKHA. Otv. za vyp. N. M. Iteshina. – Izhevsk, 2020. – S. 1663–1666.

5. Volkov, S. V. Remont i vosstanovlenie katkov opornykh gusenichnoj tekhniki / S. V. Volkov // Nauchnye trudy studentov Izhevskoj GSKHA. – Izhevsk, 2020. – S. 1268–1271.

6. Pavlov, P. E. Intensifikaciya oчитки detalej traktorov i avtomobilej / P. E. Pavlov // Nauchnye trudy studentov Izhevskoj GSKHA. – Izhevsk, 2020. – S. 1367–1370.

7. Ipatov, A. G. Povyshenie iznosostojkosti podshipnikov skol'zheniya sverhtverdyimi materialami / A. G. Ipatov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. – 2019. – № 10. – S. 16–20.

8. Ipatov, A. G. Sposob formirovaniya pokrytiya i ustanovka dlya ego osushchestvleniya / S. M. Strelkov, S. S. Strelkov, E. V. Haranzhevskij // Patent na izobretenie RUS 2497978 22.07.2011.

9. Ipatov, A. G. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitrid / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy // Journal of Friction and Wear. – 2019. – Vol. 40. – № 6. – P. 588–592.

10. Ipatov, A. G. An analysis of the functional properties of super hard coatings on boron carbide synthesized by short-pulse laser processing / G. Ya. Ostaeв, S. N. Shmykov, L. Ya. Novikova, I. A. Deryushev // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – T. 9. – № 2. – P. 921–928.

11. Ipatov, A. G. Modification of the Bearing Interfaces of a TKR7S-6 Turbocharger / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy, A. G. Ivanov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2020. – Vol. 49. – № 6. – P. 545–549.

12. Ipatov, A. G. Perspektivnoe razvitie sovremennykh tekhnologicheskikh processov vosstanovleniya detalej mashin / A. G. Ipatov, S. N. SHmykov, S. M. Strelkov // Razvitie inzhenernogo obrazovaniya i ego rol' v tekhnicheskoy modernizacii APK: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 65-letiyu podgotovki inzhenerov-mekhanikov Izhevskoj GSKHA. – Izhevsk, 2021. – S. 93–99.

13. Ipatov, A. G. Sravnitel'nye tribologicheskie svoystva sverhtverdykh antifrikcionnykh pokrytij na osnove karbida bora / A. G. Ipatov, K. G. Volkov // Tekhnologicheskie trendy ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj godu nauki i tekhnologii v Rossii. – Izhevsk, 2021. – S. 32–35.

14. Haranzhevskij, E. V. Osobennosti formirovaniya keramicheskikh vosstanovitel'nykh pokrytij / E. V. Haranzhevskij, A. G. Ipatov, K. G. Volkov // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2021. – № 1 (65). – S. 51–55.

15. Shirobokov, V. Quality and energy indicators of grain crusher as a function of screen wear / V. Shirobokov, O. Fedorov, A. Ipatov, S. Shmykov, L. Novikova // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – T. 8. – № 3. – S. 710–715.

#### Сведения об авторах:

**Ипатов Алексей Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: ipatow.al@yandex.ru).

**Шмыков Сергей Николаевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: sergei-natali@mail.ru).

**Широбок Владимир Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: vlh150@rambler.ru).

**Баженов Владимир Аркадьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированный электропривод», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: aep\_isha@mail.ru).

A.G. Ipatov, S. N. Shmykov, V. I. Shirobokov, V. A. Bazhenov  
Izhevsk State Agricultural Academy

#### TECHNOLOGY OF OPERARIONAL RECOVERY FOR THE GEAR-SHAFT OF THE BOSH REXROTH AZMF HYDRAULIC MOTOR

*In the work, an up-to-date technology for the restoration of the gear shaft of the Bosch Rexroth AZMF hydraulic motor has been developed. The main purpose of the research is to restore the worn-out bearing surfaces of the shaft – gear. When restoring worn surfaces, a laser surfacing technology has been implemented providing a low thermal effect on the shaft surface and high physical and mechanical properties of the restoring coatings. To achieve the*

goal, the following tasks were solved: micrometric analysis of the worn surfaces of the pinion shaft; development of a technology for applying a restorative coating. The method of applying restorative coatings implies surfacing of steel welding wire to build up deep wear and surfacing of a finely dispersed powder composition with wear build-up of less than 100 microns. The hardness of the restorative coatings ranges from HRC60 to HRC90, depending on the filler material used, and exceeds specifications. The roughness of the repaired surfaces after machining is Ra 0.32 and meets the specifications. High hardness of surfaces in combination with low roughness under operating conditions can provide a longer service life of the hydraulic motor's gear shaft.

**Key words:** hydraulic motor; pinion shaft; restoration; laser surfacing; micrometric studies.

#### Authors:

**Ipatov Aleksey Gennadievich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russia Federation, e-mail: ipatow.al@yandex.ru).

**Shmykov Sergey Nikolaevich** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russia Federation, e-mail: sergei-natali@mail.ru).

**Shirobokov Vladimir Ivanovich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Operation and Repair of Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russia Federation, e-mail: vlh150@rambler.ru).

**Bazhenov Vladimir Arkadievich** – Candidate of Technical sciences, Associate Professor at the Department of Automated Electric Drive, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Udmurt Republic, Russia Federation, e-mail: aep\_isha@mail.ru).

УДК 696.48:621.365.5

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_2\_49

А. С. Корепанов, П. Л. Лекомцев, М. Л. Шавкунов, Р. И. Гаврилов

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНВЕКТИВНОГО ИНДУКЦИОННОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ

*В технологических процессах большинства сельскохозяйственных предприятий применяется горячая вода, температура которой в зависимости от производства варьируется в большом диапазоне значений. В качестве источников тепловой энергии для выработки горячей воды могут служить котлы на твердом, жидком и газообразном топливе, а также электроводонагреватели. Применение котлов на жидком и твердом топливе имеет большие эксплуатационные расходы, связанные с транспортировкой и хранением топлива. Применение котлов на газообразном топливе не всегда возможно в связи с низкой газификацией территорий сельскохозяйственного назначения. На этом фоне применение электроводонагревателей является наиболее целесообразным. Целью настоящей работы является исследование энергетических характеристик конвективного индукционного водонагревателя, а именно коэффициента полезного действия и коэффициента мощности. В исследованиях применяется метод энергетического баланса для определения расчетного коэффициента полезного действия  $\eta$  и коэффициента мощности  $P_F$ . Для определения опытных значений коэффициента полезного действия  $\eta$  и коэффициента мощности  $P_F$  применялся калориметрический метод и анализатор качества электрической энергии. Значения коэффициента полезного действия и коэффициента мощности конвективного индукционного водонагревателя, полученные в ходе опытов, соответствуют расчетной величине с точностью до  $\pm 1\%$ .*

**Ключевые слова:** водонагреватель; индукционный водонагреватель; энергетические характеристики; коэффициент мощности.

**Введение.** Процесс нагрева жидкости – неотъемлемая часть большинства технологических процессов как производственных объектов, так и сельскохозяйственных. Наиболее удобным и экономичным видом топлива на данный момент является природный газ,

но уровень газификации в России на 2020 г. составляет 70,1 %, а за последний год прирост составил около 1,5 % [1].

Можно утверждать, что большое количество объектов не имеет возможности подключения к сетям газоснабжения, на таких объек-

тах в системах отопления и горячего водоснабжения наиболее широко используются электрические водонагреватели.

В сельскохозяйственном производстве наиболее распространенными электронагревателями являются элементные и электродные водонагреватели, свое распространение они получили из-за простоты конструкции [2]. Принимаемые электродные котлы имеют переменную мощность в зависимости от температуры нагреваемой воды и от химического состава [2, 3]. Элементные котлы подвержены образованию накипи, что, в свою очередь, снижает срок службы нагревателей. В возникшей ситуации индукционный нагрев является наиболее перспективным на таких объектах. В настоящее время наблюдается тенденция замены элементных и электродных водонагревателей на индукционные водонагреватели [3, 4, 5].

Основные достоинства индукционного водонагревателя, по сравнению с другими способами электронагрева, заключается в высокой эффективности преобразования энергии электромагнитного поля в тепловую энергию, а также в отсутствии накипеобразования и в стабильном к.п.д. [6, 7, 8].

**Актуальность** исследования обусловлена необходимостью повышения энергоэффективности нагрева воды.

**Цель** исследования направлена на выявление закономерностей электротехнических и те-

пловых процессов при индукционном нагреве воды и совершенствование энергетических характеристик установок индукционного нагрева.

**Метод исследования.** В расчетных методах рассматриваются электротехнические и кинетические процессы, происходящие в индукционных водонагревателях. Учитываются геометрические размеры индукционного водонагревателя, электротехнические параметры конструкционных материалов нагревателя и индуктора.

Экспериментальные исследования направлены на определение энергетических характеристик конвективного индукционного водонагревателя и определение эффективности индукционного водонагревателя, используемого в качестве источника тепловой энергии в системах отопления и горячего водоснабжения потребителей.

Для измерения энергетических характеристик и определения эффективности индукционного водонагревателя изготовлен стенд (рис. 1), состоящий из следующих элементов: конвективный индукционный водонагреватель 1 мощностью 2 кВт, насос циркуляционный 2 TAIFU GR S25/4, теплоизолированная емкость для воды 3, микропроцессорный контроллер «Овен» 4 с датчиком температуры, анализатор качества электрической энергии 5 АКЭ-824, группа безопасности 6 и расширительный бак 7 мембранного типа емкостью 8 литров.

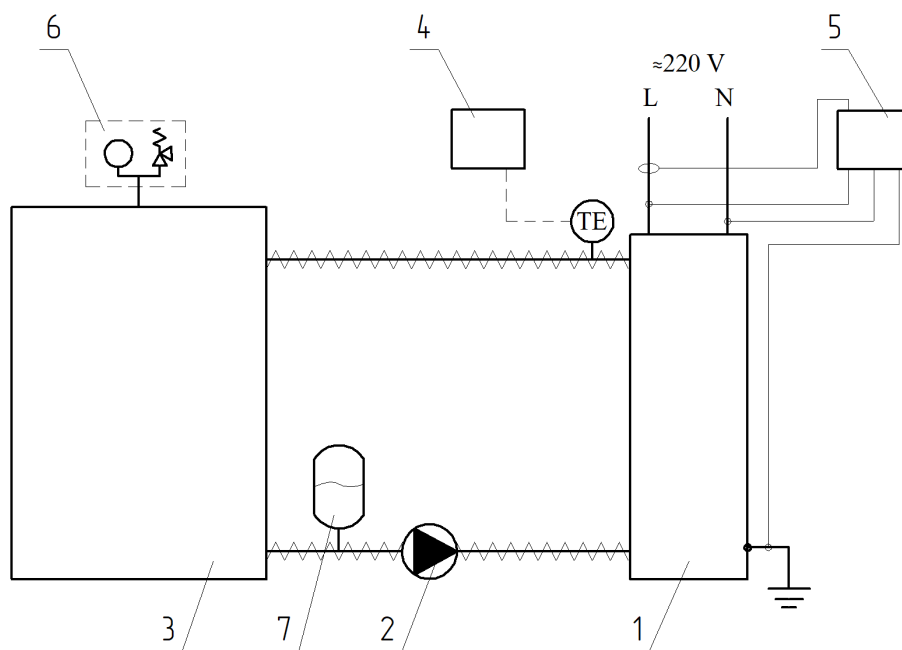
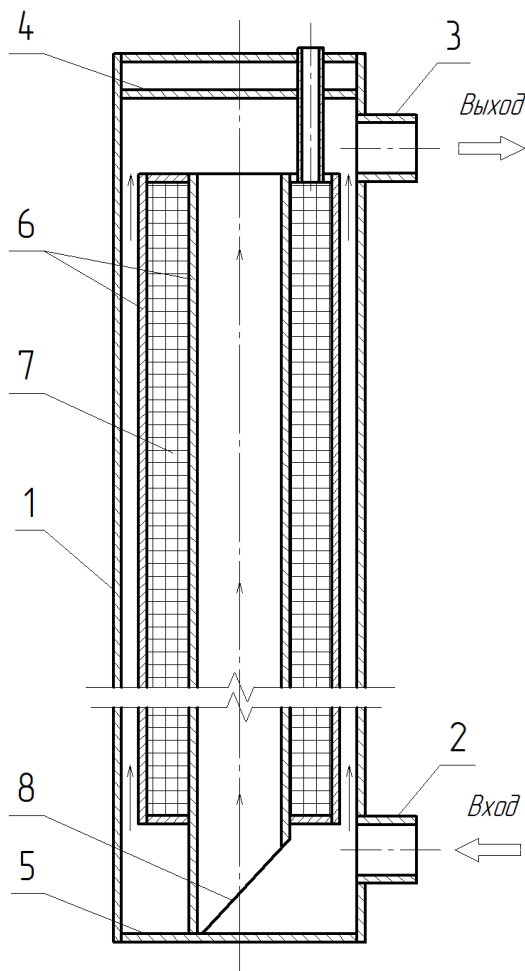


Рисунок 1 – Экспериментальный стенд:

- 1 – индукционный водонагреватель; 2 – насос циркуляционный TAIFU GR S25/4;  
3 – теплоизолированная емкость для воды; 4 – микропроцессорный контроллер «Овен» с датчиком температуры; 5 – анализатор качества электрической энергии АКЭ-824;  
6 – группа безопасности; 7 – расширительный бак

**Результаты исследования.** Индукционный нагрев основан на законе электромагнитной индукции Фарадея-Максвелла и законе Джоуля-Ленца. В металлических телах, помещаемых в переменное магнитное поле, возбуждается вихревое электрическое поле. Под действием ЭДС индукции в телах протекают вихревые токи (токи Фуко), которые, в свою очередь, выделяют теплоту по закону Джоуля-Ленца [9].

В настоящее время существует множество видов индукционных нагревателей жидких сред и каждый из них имеет свои конструктивные особенности [10, 11]. Конструкция конвективного индукционного нагревателя, применяемая в настоящем исследовании, представлена на рисунке 2 [12].



**Рисунок 2 – Конвективный индукционный нагреватель:**

1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – выходной патрубок; 4 – верхняя герметизирующая крышка; 5 – кольцевое дно; 6 – стакан с двойной стенкой; 7 – индукционная катушка

Конвективный индукционный нагреватель состоит из корпуса 1, входного 2 и выходного 3 патрубков, верхней герметизирующей крыш-

ки 4, кольцевого дна 5, стакана 6 с двойными стенками, индукционной катушки 7, установленной между стенками стакана 6. Двойные стенки стакана 6 выполнены разновысокими – внутренняя стенка выше внешней и имеет косой срез 8.

По методике, предлагаемой в [13], проведен расчет энергетических характеристик индукционного нагревателя.

Напряженность магнитного поля на поверхности теплообменных трубок определяется по выражению

$$H_2 = \sqrt{\frac{p_2 \cdot 10^6}{\rho_2 \cdot \mu_r \cdot f \cdot F_2}}, \quad (1)$$

где  $p_2$  – удельная поверхностная мощность в теплообменных трубках, кВт/м<sup>2</sup>;

$\rho_2$  – удельное электрическое сопротивление стали, Ом·м;

$\mu_r$  – расчетное значение относительной магнитной проницаемости при соответствующей температуре;

$f$  – частота питающего тока, Гц;

$F_2$  – поправочная функция для теплообменных трубок, показывающая, во сколько раз отличается значение активной мощности для проводящих тел конечных размеров от активной мощности для полубесконечного тела.

Напряженность магнитного поля на поверхности индуктора рассчитывается по выражению

$$H_1 = \frac{H_2}{k_{св}}, \quad (2)$$

где  $k_{св}$  – коэффициент связи.

Активная мощность в индукторе определяется по выражению

$$P_1 = \pi \cdot 10^{-6} \cdot H_2 \cdot h_1 \cdot d_1 \cdot \sqrt{\rho_1 \cdot f} \cdot F_1 \cdot \frac{1}{k_{зан}}, \quad (3)$$

где  $h_1$  и  $d_1$  – высота и диаметр индуктора соответственно, м;

$\rho_1$  – удельное электрическое сопротивление материала обмотки индуктора, Ом·м;

$F_1$  – поправочная функция для индуктора, показывающая, во сколько раз отличается значение активной мощности для проводящих тел конечных размеров от активной мощности для полубесконечного тела;

$k_{зан}$  – коэффициент заполнения индуктора.

По результатам расчета активная мощность в индукторе составляет 0,048 кВт.

Активная мощность индукционного водонагревателя определяется как сумма активной мощности индуктора  $P_1$  и активной мощности, передаваемой в теплообменные трубки  $P_2$

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2. \quad (4)$$

Задаваемая величиной активной мощности, передаваемой в теплообменные трубки в 2,0 кВт, суммарная мощность индукционного водонагревателя составляет 2,048 кВт.

Реактивная мощность в индукторе рассчитывается по выражению

$$Q_1 = |P_1| \frac{G_1}{F_1}, \quad (5)$$

где  $G_1$  – поправочная функция для индуктора, показывающая, во сколько раз отличается значение реактивной мощности для проводящих тел конечных размеров от реактивной мощности для полубесконечного тела.

По результатам расчета реактивная мощность в индукторе составляет 0,076 квар.

Реактивную мощность в теплообменных трубках определяем по выражению

$$Q_2 = 0,6 \cdot |P_2| \cdot \frac{G_2}{F_2}, \quad (6)$$

где  $G_2$  – поправочная функция для теплообменных трубок, показывающая во сколько раз отличается значение реактивной мощности для проводящих тел конечных размеров от реактивной мощности для полубесконечного тела.

Реактивная мощность теплообменных трубок составляет 0,95 квар.

Реактивную мощность в пространстве между индуктором и теплообменными трубками определяем по выражению:

$$Q_3 = \pi \cdot 10^{-9} \cdot H_1^2 \cdot f \cdot h_1 \cdot (d_1^2 - d_2^2), \quad (7)$$

где  $d_2$  – наружный диаметр теплообменной трубки, м.

Реактивная мощность в пространстве между индуктором и теплообменными трубками определена для наружной и внутренней трубки, и по результатам расчета в сумме получается 0,026 квар. Реактивную мощность в пространстве внутренней теплообменной трубки определяем по следующему выражению:

$$Q_4 = \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot H_2^2 \cdot f \cdot V, \quad (8)$$

где  $\mu_0$  – магнитная постоянная, Гн/м;

$V$  – объем пространства внутренней теплообменной трубки, м<sup>3</sup>.

Расчетная величина реактивной мощности в пространстве внутренней теплообменной трубки составила 0,391 квар.

Суммарная реактивная мощность индукционного нагревателя  $Q_{\Sigma}$  составляет 1,443 квар.

Полную мощность индукционного нагревателя определяем по выражению

$$S = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}. \quad (9)$$

В результате расчетов полная мощность составляет 2,505 кВА.

Коэффициент мощности индукционного нагревателя может быть определен по выражению

$$P_F = \frac{P_{\Sigma}}{S}. \quad (10)$$

Тогда расчетный коэффициент мощности  $P_F$  индукционного нагревателя составляет 0,817.

Расчетный полный коэффициент полезного действия, в соответствии с уравнением энергетического баланса, определяется по выражению

$$\eta_{\Sigma} = \frac{P_w}{P_{\Sigma}} \cdot 100\%, \quad (11)$$

где  $P_w$  – тепловая мощность, передаваемая воде, Вт.

Предполагая, что вся активная мощность от теплообменных трубок  $P_2$  путем теплообмена передается нагреваемой воде без потерь, то расчетный коэффициент полезного действия составляет 97,66 %. Для подтверждения расчетов проведено экспериментальное исследование конвективного индукционного нагревателя. Динамика нагрева и изменение активной мощности индуктора в процессе нагрева представлены на рисунке 3 и 4 соответственно.

Эффективность индукционного водонагревателя определяем калориметрическим методом, для этого определяем количество выработанной тепловой энергии по выражению [4]:

$$W_{выр} = m \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1), \quad (12)$$

где  $m$  – масса нагреваемой воды, кг;

$C_p$  – теплоемкость воды, Дж/(кг·К);

$t_1$  – начальная температура воды, °С;

$t_2$  – конечная температура воды, °С.

Количество вырабатываемой тепловой энергии составляет 572,2 Вт·ч.

Количество электрической энергии  $W_{зат}$ , затраченное на процесс нагрева воды, определяем по данным анализатора качества электрической энергии АКЭ-824, которое составляет 587,02 Вт·ч.

Коэффициент полезного действия конвективного индукционного водонагревателя вычисляем по формуле

$$\eta = \frac{W_{вып}}{W_{зат}} \cdot 100\% \quad (13)$$

По результатам эксперимента к.п.д. составляет 97,47 %.

На рисунке 5 представлена зависимость коэффициента мощности от температуры, определяемой анализатором качества электрической энергии АКЭ-824.

В исследуемом диапазоне температур величина коэффициента мощности не зависит от температуры нагрева и составляет 0,81 без применения устройств коррекции коэффициента мощности.

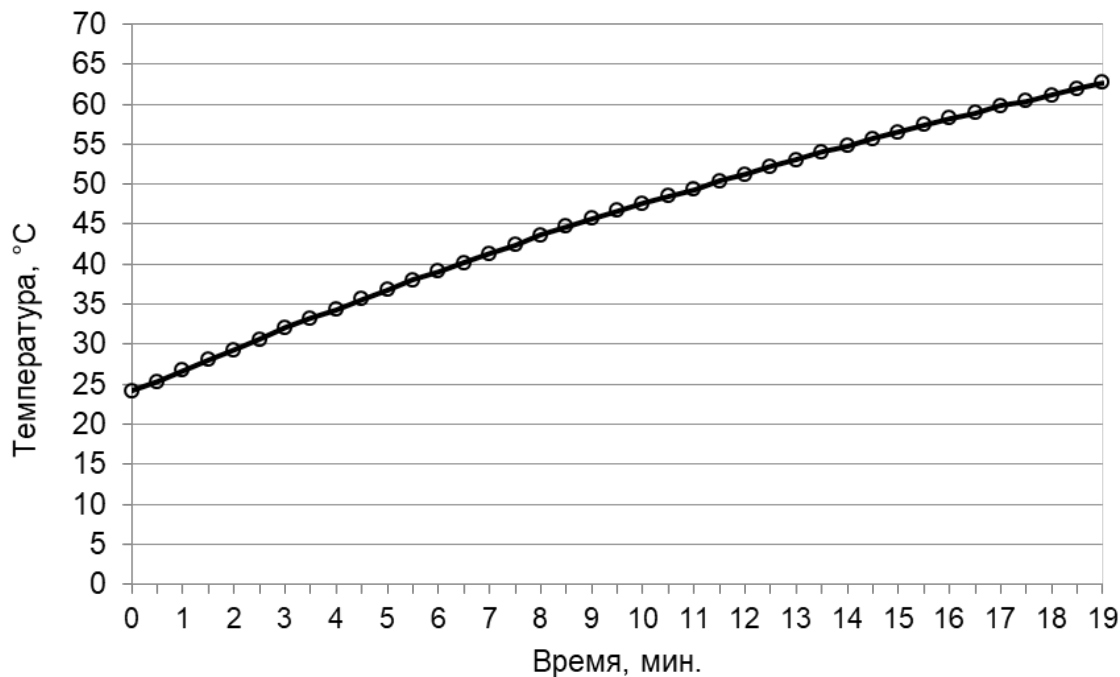


Рисунок 3 – Динамика нагрева конвективного индукционного нагревателя

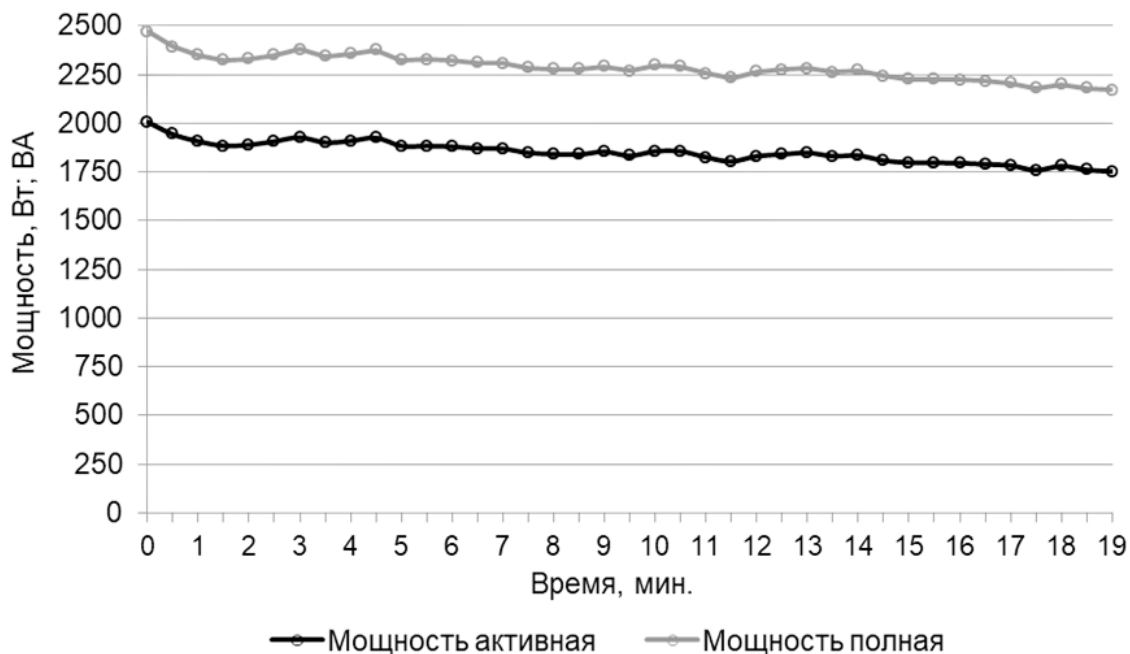


Рисунок 4 – Динамика изменения электрической мощности в процессе нагрева в конвективном индукционном нагревателе

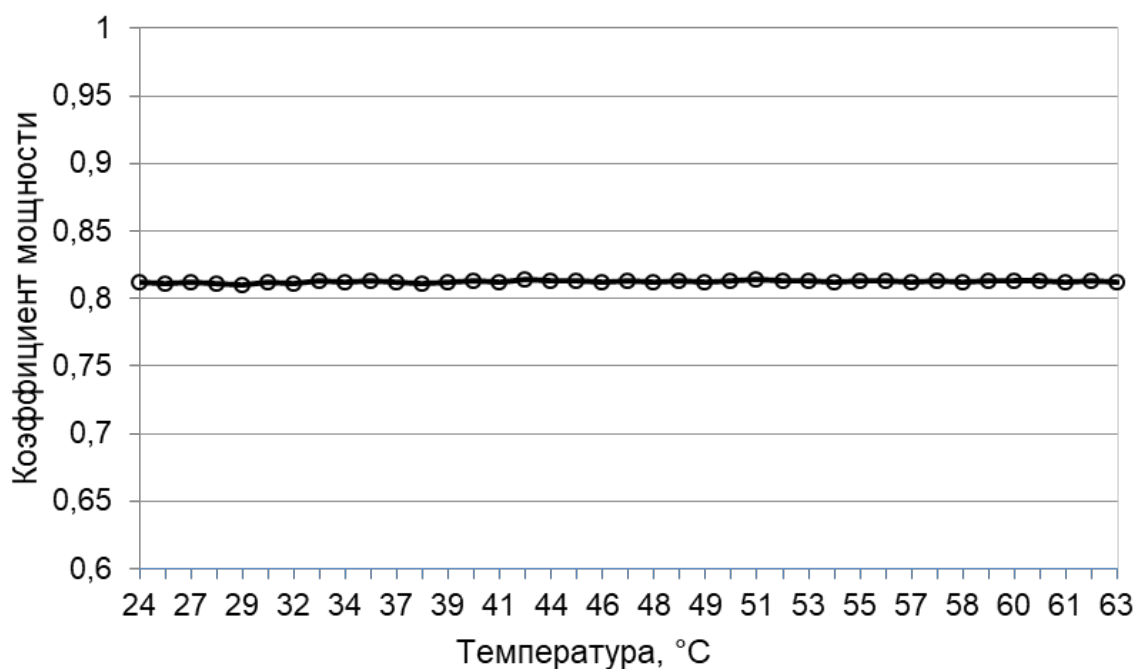


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента мощности от температуры

**Выводы.** Проведены исследования энергетических характеристик конвективного индукционного водонагревателя. Для определения расчетного коэффициента полезного действия  $\eta$  и коэффициента мощности  $P_r$  использовали метод энергетического баланса. Опытные значения коэффициента полезного действия  $\eta$  и коэффициента мощности  $P_r$  определены калориметрическим методом и при помощи анализатора качества электрической энергии. Индукционный водонагреватель рассчитан для работы на промышленной частоте 50 Гц.

Полученная величина коэффициента полезного действия и коэффициента мощности индукционного водонагревателя соответствует расчетной величине с точностью до  $\pm 1$  %. Снижение активной мощности индуктора в процессе нагрева можно объяснить увеличением удельного электрического сопротивления обмотки индуктора с изменением температуры.

Таким образом, исследование величин коэффициента полезного действия и коэффициента мощности индукционного водонагревателя указывает на высокую эффективность данного типа водонагревателей.

### Список литературы

1. Газификация. ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gazprom.ru/about/production/gasification/> (дата обращения 13.06.21).
2. Baev, V. I. Electrotechnology as one of the most advanced branches in the agricultural production development (Book Chapter) Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development / V. I. Baev, I. V. Yudaev,

V.A.Petrukhin, I.V.Baev, P.V.Prokofyev, N.K.Armyanov. – Hershey PA: IGI Global. – P. 149–175.

3. Yang, B, L. Fluid flow and heat transfer in a tundish with channel type induction heating / B. L. Yang, H. Bi, Q. Jiang [and etc.] // Steel research international. – 2018. – Vol. 89. – Release 10. – Article number: 1800173.

4. Корепанов, А. С. Повышение эффективности теплопередачи в индукционных электронагревателях / А. С. Корепанов, П. Л. Лекомцев, Л. П. Артамонова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ.конф. 13–16 февраля 2018 года, г. Ижевск. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – Т. 3. – С. 47–51.

5. Корепанов, А. С. Исследование индукционного нагревательного элемента электрических водонагревателей систем отопления и горячего водоснабжения / Актуальные вопросы энергетики АПК: м-лы Нац. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию плана ГОЭРЛО. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 69–73.

6. Корепанов, А. С. Исследование плоского индукционного нагревателя / А. С. Корепанов // Развитие энергосистем АПК: перспективные технологии: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. института агроинженерии (Челябинск, 2018); под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. – Челябинск, 2018. – С. 82–88.

7. Geetha, V. An overview of designing an induction heating system for domestic applications (2019) / V. Geetha, V. Sivachidambaranathan // International Journal of Power Electronics and Drive Systems. – № 10 (1). – P. 351–356.

8. Корепанов, А. С. Расчет электрических и тепловых характеристик при проектировании плоских индукционных водонагревателей / А. С. Ко-

репанов // Интеграционные взаимодействия молодых ученых в развитии аграрной науки: м-лы Нац. науч.-практ. конф., 04–05 декабря 2019 г. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – Т. 2. – С. 334–340.

9. Качанов, А. Н. Классификация и область применения систем низкотемпературного индукционного нагрева с разомкнутыми магнитопроводами / А. Н. Качанов, Н. А. Качанов, Д. А. Коренков // Вестник Московского энергетического института. – 2016. – № 2. – С. 36–40.

10. Завод теплового оборудования ООО «Альтернативная энергия» [Электронный ресурс]. – URL: <https://vinteplo.ru/> (дата обращения 13.06.2021).

11. Quevedo, L. F. Design and testing of toroidal coil for induction water heater / L. F. Quevedo, C. G. Mancheno, J. A. Morales, F. A. Quizhpi // IEEE international autumn meeting on power, electronics and computing (ROPEC). – 2016.

12. Вихревой индукционный нагреватель жидких сред конвекционный. Патент РФ № 133262, 01.04.2013 / Вахрушев М.В.

13. Кувалдин, А. Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали / А. Б. Кувалдин. – М: Энергоатомиздат, 1988. – 284 с.

### Spisok literatury

1. Gazifikaciya. PAO «Gazprom» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.gazprom.ru/about/production/gasification/> (data obrashcheniya 13.06.21).

2. Baev, V. I. Electrotechnology as one of the most advanced branches in the agricultural production development (Book Chapter) Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development / V. I. Baev, I. V. Yudaev, V. A. Petrukhin, I. V. Baev, P. V. Prokofyev, N. K. Armyanov. – Hershey PA: IGI Global. – P. 149–175.

3. Yang, B, L. Fluid flow and heat transfer in a tundish with channel type induction heating / B. L. Yang, H. Bi, Q, Jiang [and etc.] // Steel research international. – 2018. – Vol. 89. – Release 10. – Article number: 1800173.

4. Korepanov, A. S. Povyshenie effektivnosti teploperedachi v indukcionnyh elektronagrevatelyah / A. S. Korepanov, P. L. Lekomcev, L. P. Artamonova // Innovacionnye tekhnologii dlya realizacii programmy nauchno-tekhnicheskogo razvitiya sel'skogo hozyajstva:

m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt.konf. 13–16 fevralya 2018 goda, g. Izhevsk. V 3 t. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2018. – Т. 3. – С. 47–51.

5. Korepanov, A. S. Issledovanie indukcionnogo nagrevatel'nogo elementa elektricheskikh vodonagrevatelej sistem otopleniya i goryachego vodosnabzheniya / Aktual'nye voprosy energetiki APK: m-ly Nac. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 100-letiyu plana GOERLO. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. – С. 69–73.

6. Korepanov, A. S. Issledovanie ploskogo indukcionnogo nagrevatelya / A. S. Korepanov // Razvitie energosistem APK: perspektivnye tekhnologii: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. instituta agroinzhenierii (CHelyabinsk, 2018); pod red. prof., d-ra s.-h. nauk M. F. YUdina. – CHelyabinsk, 2018. – С. 82–88.

7. Geetha, V. An overview of designing an induction heating system for domestic applications (2019) / V. Geetha, V. Sivachidambaranathan // International Journal of Power Electronics and Drive Systems. – № 10 (1). – P. 351–356.

8. Korepanov, A. S. Raschet elektricheskikh i teplovyh karakteristik pri proektirovanii ploskikh indukcionnyh vodonagrevatelej / A. S. Korepanov // Integracionnye vzaimodejstviya molodyh uchenyh v razvitii agrarnoj nauki: m-ly Nac. nauch.-prakt. konf., 04–05 dekabrja 2019 g. v 3 t. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2020. – Т. 2. – С. 334–340.

9. Kachanov, A. N. Klassifikaciya i oblast' primeneniya sistem nizkotemperaturnogo indukcionnogo nagreva s razomknutymi magnitoprovodami / A. N. Kachanov, N. A. Kachanov, D. A. Korenkov // Vestnik Moskovskogo energeticheskogo instituta. – 2016. – № 2. – С. 36–40.

10. Zavod teplovogo oborudovaniya ООО «Альтернативная энергия» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://vinteplo.ru/> (data obrashcheniya 13.06.2021).

11. Quevedo, L. F. Design and testing of toroidal coil for induction water heater / L. F. Quevedo, C. G. Mancheno, J. A. Morales, F. A. Quizhpi // IEEE international autumn meeting on power, electronics and computing (ROPEC). – 2016.

12. Vihrevoj indukcionnyj nagrevatel' zhidkih sred konvekcionnyj. Patent RF № 133262, 01.04.2013 / Vahrushev M.V.

13. Kuvaldin, A. B. Indukcionnyj nagrev ferromagnitnoj stali / A. B. Kuvaldin. – М: Energoatomizdat, 1988. – 284 с.

### Сведения об авторах:

**Корепанов Андрей Семенович** – старший преподаватель кафедры энергетики и электротехнологии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: seppal@yandex.ru).

**Лекомцев Петр Леонидович** – доктор технических наук, профессор кафедры энергетики и электротехнологии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: etshp@yandex.ru).

**Шавкунов Михаил Леонидович** – старший преподаватель кафедры энергетики и электротехнологии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: etshp@yandex.ru).



**Гаврилов Роман Иванович** – старший преподаватель кафедры электротехники, электрооборудования и электроснабжения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: feash@izhgsha.ru).

**A. S. Korepanov, P. L. Lekomtsev, M. L. Shavkunov, R. I. Gavrilo**  
*Izhevsk State Agricultural Academy*

## ENERGETIC CHARACTERISTICS OF A CONVECTIVE INDUCTION WATER HEATER

*In the technological processes of most agricultural enterprises, hot water is used, depending on production, the temperature of which varies in a large range of values. Solid, liquid and gaseous fuel boilers, as well as electric water heaters can serve as sources of thermal energy for the production of hot water. The use of liquid and solid fuel boilers is rather costly in terms of transportation and storage of fuel. The use of boilers with gaseous fuel is not always possible, due to the low gasification of agricultural areas. However, the use of electric water heaters appears the most appropriate. The aim of this work is to study the energetic characteristics of a convective induction water heater, i.e. the efficiency and power factors. The research applies to the energy balance method to determine the calculated efficiency factor  $\eta$  and the power factor  $P_F$ . To determine the experimental values of the efficiency coefficient  $\eta$  and the power factor  $P_F$ , a calorimetric method and an analyzer of the quality of electrical energy were used. The values of the efficiency and power factors of the convective induction water heater obtained during the experiments are in full agreement with the calculated value with an accuracy of  $\pm 1\%$ .*

**Key words:** water heater; induction water heater; energetic characteristics; power factor.

### Authors:

**Korepanov Andrey Semyonovich** – Senior Teacher at the Department of Energy and Electrical Technology, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: seppal@yandex.ru).

**Lekomtsev Pyotr Leonidovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Energy and Electrical Technology, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: etshp@yandex.ru).

**Shavkunov Mikhail Leonidovich** – Senior Teacher at the Department of Energy and Electrical Technology, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: etshp@yandex.ru).

**Gavrilo Roman Ivanovich** – Senior Teacher at the Department of Electrical Engineering, Electrical Equipment and Power Supply, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: feash@izhgsha.ru).

УДК 631.362.3: 631.243.42: 635.21

DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_2\_56

Р. И. Останин<sup>1</sup>, А. В. Костин<sup>1</sup>, Л. Я. Лебедев<sup>1</sup>, А. Г. Иванов<sup>1</sup>,  
Р. Р. Шакиров<sup>1</sup>, Ю. Д. Боднарчук<sup>2</sup>, Д. А. Марков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

<sup>2</sup>АО «Концерн Калашников»

<sup>3</sup>Министерство сельского хозяйства и продовольствия УР

## МЕХАНИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

*Картофель относится к сельскохозяйственным культурам, требовательным к условиям своего возделывания и хранения. При этом он играет важную роль в питании населения и как техническая и кормовая культура. При соблюдении технологии выращивания он дает большую урожайность даже в Нечерноземной зоне, однако в дальнейшем необходимо сохранить урожай, что обеспечивается послеуборочной доработкой и закладкой на хранение. Послеуборочная доработка является важнейшим элементом в хранении, так как позволяет очистить ворох картофеля от почвенных примесей, растительных остатков, камней и некондиционных клубней. Также происходит разделение вороха на фрак-*

ции по размерам (семенной, продовольственный и технический). В Ижевской ГСХА на кафедре «Теоретическая механика и сопротивление материалов» был разработан стационарный комплекс для хранения картофеля под руководством доцента Р. И. Останина. Он включает в себя хранилища, яровизатор, сортировальный пункт. Принцип его работы позволяет полностью механизировать все операции по приемке, очистке, сортировке и закладке картофеля на хранение. Единственной операцией с ручным трудом остается выборка поврежденных и резаных клубней на переборочных (инспекционных) столах. Комплекс имеет производительность до 40 т/ч, сортировальный участок построен вокруг оригинальной дисковой сортировки с низкими показателями травмируемости клубней. Он может обеспечить предпосадочную и послеуборочную обработку картофеля, снабжен собственным яровизатором для подготовки семенного материала к посадке. Хранение картофеля осуществляется навалым способом и в ящиках. Опыт его эксплуатации в совхозе «Мир» Воткинского района УР показал высокие эксплуатационные качества.

**Ключевые слова:** картофель; ворох; сортирование; фракция; картофелесортировальный пункт; сортирующее устройство; хранение; яровизатор.

**Актуальность.** Картофель – одна из важнейших сельскохозяйственных культур. Он традиционно является важным элементом рациона питания жителей России, но также имеет большое значение как техническая и кормовая культура, поэтому его производству в нашей стране уделяется большое внимание. Его выращивают почти повсеместно, несмотря на то, что наибольший урожай картофеля дает в Нечерноземной зоне [4, 23, 24, 26].

Картофель – трудоемкая культура. Наибольшие затраты труда связаны с уборкой и послеуборочной обработкой картофеля. Для более полного отделения примесей при уборке картофеля, повышения уровня механизации послеуборочной доработки клубней и производительности всего уборочного комплекса во многих хозяйствах страны используются стационарные картофелесортировальные пункты (СКСП), которые были построены еще в прошлом веке. Они отличаются как по конструкции, так и по технологическому процессу, поскольку большинство из них выполнено по индивидуальным проектам. Необходимый комплекс технологического оборудования для СКСП промышленность не выпускает, и используется оборудование, не приспособленное для этих пунктов, поэтому и нет типовых проектов, основанных на комплексном подходе к проектированию, изготовлению и поставке машин и оборудования [2, 5, 8, 9, 14, 19, 21, 22, 23, 25].

Учитывая вышеизложенное, сотрудники кафедры «Теоретическая механика» Ижевской ГСХА на основе анализа отечественных и зарубежных пунктов разработали проект стационарного картофелесортировального пункта, совмещенного с картофелехранилищем. Он отличается оригинальным размещением оборудования, чем обеспечивается многовариантность и адаптивность его использования. Это позволяет легко переходить на оптимальный вариант обработки вороха картофеля в зависи-

мости от его состояния и требований к готовой продукции. Разработанный проект был реализован в совхозе «Мир» Воткинского района УР.

**Цель исследований.** В работе основной целью исследований является оценка технологичности картофелесортировального пункта.

**Задачи исследования.** Провести анализ технологичности картофелесортировального пункта.

**Методы исследования.** Критический анализ, теория решения изобретательских задач.

**Результаты исследований.** Стационарный картофелесортировальный комплекс производительностью 40 т/ч представляет собой крытое производственное помещение, в котором под единой крышей размещены СКСП, яровизатор и картофелехранилище (рис. 1).

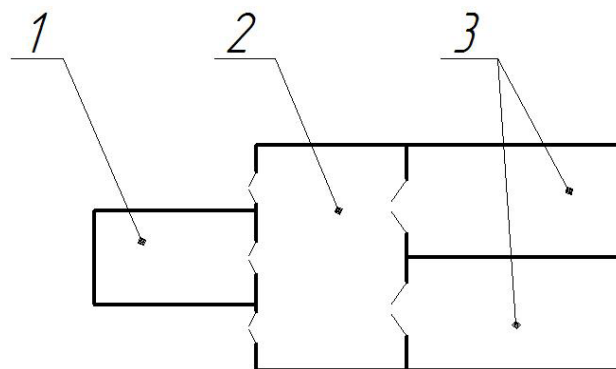


Рисунок 1 – Схема картофелесортировального комплекса:  
1 – стационарный картофелесортировальный пункт;  
2 – яровизатор;  
3 – картофелехранилище

Стационарный картофелесортировальный пункт (рис. 2) предназначен для послеуборочной обработки картофельного вороха и подготовки семенного материала к посадке, включает две технологические линии. На стационарном пункте обеспечивается выполнение следующих операций:

- накопление и прогрев клубней;
- доочистка клубней от примесей почвы, растительных остатков и маточных клубней;
- отбор некондиционных клубней;
- разделение клубней по крупности на 2...3 фракции [6, 7, 18];
- накопление клубней в бункерах или контейнерах и погрузка их в транспортные средства.

Работа стационарного картофелесортировального пункта происходит следующим образом. Картофельный ворох поступает в лоток приемный 1 из самосвальных транспортных средств непосредственно с поля, а также может подаваться из контейнеров во время весеннего сортирования. Из приемного лотка ворох поступает по наклонному транспортеру 2 на сепаратор-ворохоочиститель 3, который представляет собой машину, состоящую из трех дисковых барабанов с дисками разных диаметров и горку, выполненную в виде бесконечной ленты, наружная поверхность которой имеет множество резиновых пальцев.

Ворохоочиститель (горка) предназначен для удаления из картофельного вороха мелких примесей (мелкие комочки почвы, растительные остатки и т.п. [17, 27]), а применение дисковых барабанов с разным диаметром дисков обеспечивает рассредоточение картофель-

ного вороха, что улучшает условия сепарации. Все выделившиеся примеси отводятся транспортером 5.

Очищенный от мелких примесей и растительных остатков картофель поступает на транспортер-распределитель, который равномерно распределяет поток по двум переборочным столам 4 (инспекционные столы). Переборочный стол-транспортер предназначен для перемещения картофельного вороха в рядку между компонентами с целью обнаружения и удаления вручную комков земли, растительных остатков, других посторонних предметов, некондиционных и маточных клубней. Отобранные фракции сбрасываются в приемные лотки и отводятся на транспортер (5), а некондиция – в мелкую фракцию.

С переборочных столов клубни по транспортеру поступают на сортирующее устройство 7. Сортирующее устройство разделяет клубни по крупности на фракции. Каждая фракция транспортерами распределяется в свой бункер-накопитель 6, 9 или 10. Для снижения повреждаемости в бункере-накопителе имеются гасители скорости 8. Гасители скорости применяются для уменьшения скорости падения клубней на дно бункеров. Бункер изготовлен из металла с деревянным полом сверху.

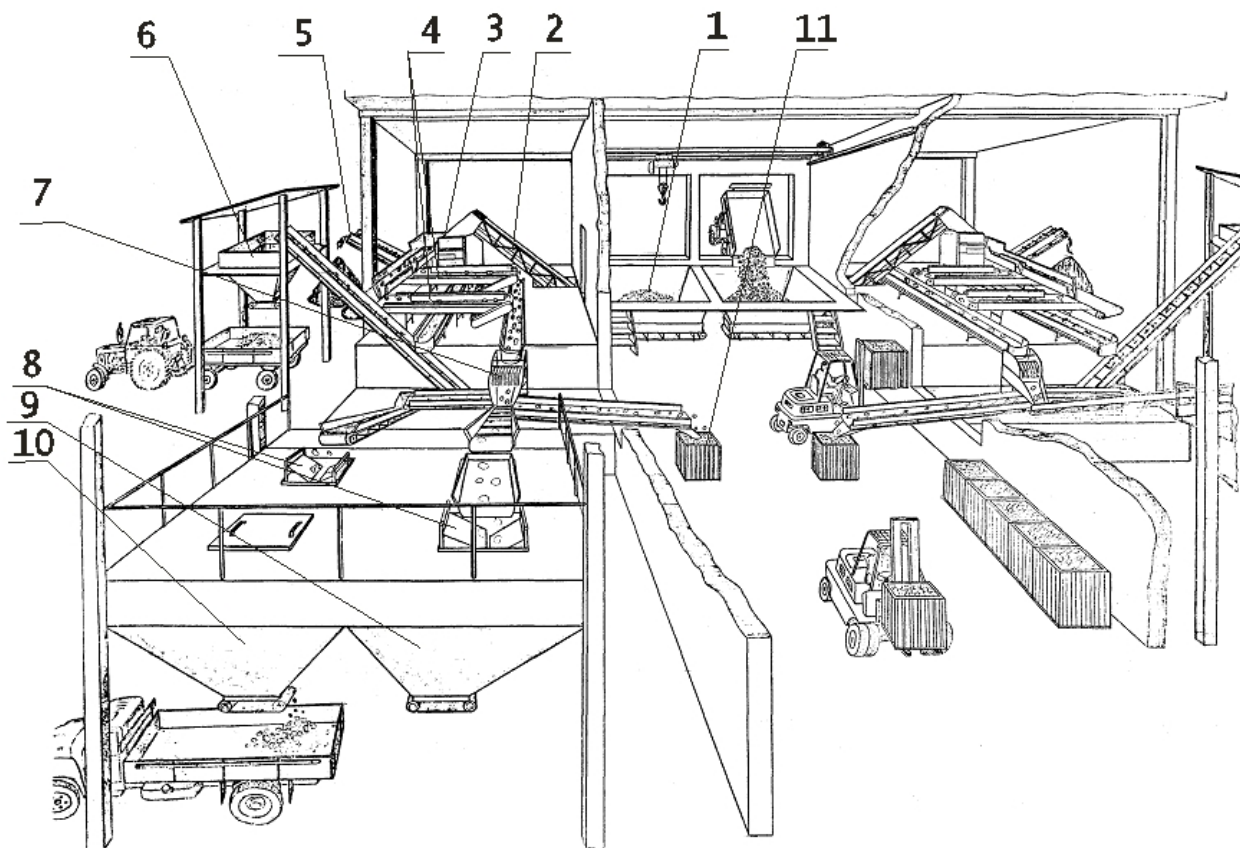


Рисунок 2 – Стационарный картофелесортировальный пункт

В зависимости от реализации технологической схемы клубни от сортирующего устройства могут подаваться непосредственно сразу в контейнер 11. Для транспортировки контейнеров применяют кран-балку или погрузчики.

Клубни из бункера-накопителя (6, 9, 10) выгрузным транспортером выгружаются в кузов транспортного средства. Производительность выгрузного транспорта составляет 50...60 т/ч.

В качестве сортирующего устройства применяют дисково-ленточные калибрующие устройства (рис. 3) [1]. Сортировка представляет собой машину, состоящую из калибрующих дисков разного диаметра и подающего устройства в виде бесконечных клиновидных ремней, установленных в щелях между дисками.

Разделение на 3 фракции (мелкая, средняя и крупная) происходит по вертикали, при этом сокращается время взаимодействия клубней с рабочим органом за счет закономерности при ориентировании в щели, что повышает производительность и снижает повреждаемость в 3 раза по сравнению с роликовой сортировкой. Точность сортирования составила 97 %.

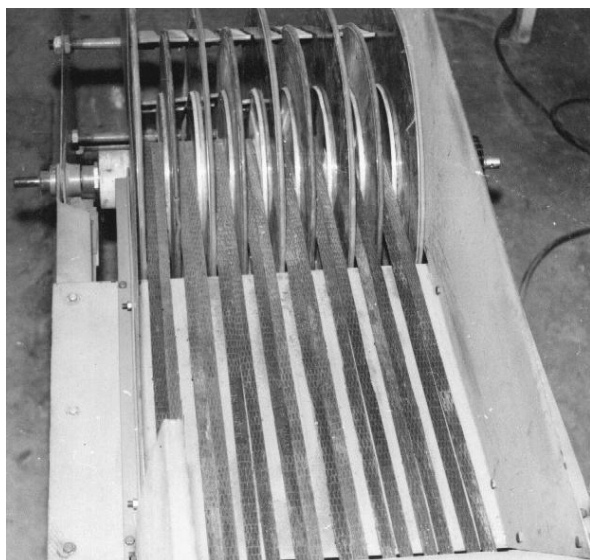


Рисунок 3 – Дисково-ленточное калибрующее устройство

Для разделения клубней на две фракции используется модернизированное сортирующее устройство (рис. 4) [2, 10, 11, 15].

Сортирующее устройство разделяет клубни по толщине [12, 13, 16] и имеет возможность регулировки в зависимости от выделяемой фракции: для отделения крупной фракции от мелкой и средней 40...45 мм; для отделения крупной и средней от мелкой 34...40 мм. Расстояние между дисками регулируется установкой на вал дополнительных шайб и втулок.

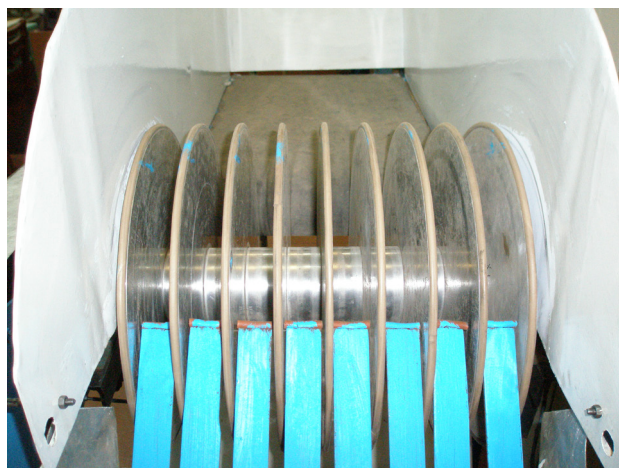


Рисунок 4 – Дисковая сортировка в составе технологической линии

Сортировка работает следующим образом: клубни картофеля с транспортера попадают на транспортер – питатель сортирующего устройства, который подает ворох к дисковому барабану, при этом материал разделяется на две фракции: сход и проход. Крупные клубни идут в сход, а мелкие проваливаются в щели дискового барабана. Отсортированный картофель попадает в приемные контейнеры или бункер-накопитель для крупной и мелкой фракций.

Яровизатор предназначен для прогрева картофеля перед посадкой или сортированием, для того чтобы снизить повреждаемость клубней картофеля. Весной, за 2...3 недели до посадки, контейнеры с семенами вывозят в помещение для яровизации, в котором имеются два яруса (рис. 5), прогрев осуществляется лучами солнца, а если этого недостаточно, температура поддерживается калориферами. Солнечный свет также способствует обеззараживанию клубней картофеля [24].

Помещение яровизатора может также использоваться для временного хранения клубней картофеля, для этого в помещении оконные про-

емы закрываются шторками, чтобы исключить попадание солнечных лучей. Также данное помещение используется в качестве загрузочной площадки для погрузки картофеля, которая необходима, особенно в холодное время года.

После сортирования клубни картофеля загружаются в картофелехранилище. В картофелехранилище имеются два разделенные между собой бокса вместительностью по 1000 тонн. Каждый бокс оснащен индивидуальной вентиляцией и системой обогрева для создания необходимого микроклимата в хранилище, так как температурные режимы хранения зависят от назначения картофеля (семенной, товарный), сорта картофеля, а также времени года.

В картофелехранилище реализовано несколько способов хранения клубней картофеля [8]: навалый способ; контейнерный и в мешках.

При навалном способе хранения (рис. 6) картофель насыпается в бурты высотой до 2 м, а для вентиляции прокладываются обрешетчатые короба от воздухопроводов. Данный способ является самым дешевым в плане трудозатрат и использования площади хранилища, но сложно разграничивать разные сорта картофеля. Поэтому на картофелесортировальном комплексе также широко используется контейнерный способ (рис. 7). При этом контейнеры в хранилище устанавливаются друг на друга, как правило, в два ряда. Данный способ позволяет значительно уменьшить число перевалок и обеспечивает механизированный процесс погрузочных и разгрузочных работ. Картофель четко распределен по разным сортам, что является важным аргументом при посадке картофеля.

Продовольственный картофель для большего удобства и снижения повреждаемости после сортирования засыпают в специальные транспортировочные сетки и складывают в них буртами (рис. 8), оставляя воздушные каналы для вентиляции.



Рисунок 5 – Устройство элеватора



Рисунок 6 – Навальный способ хранения



Рисунок 7 – Способ хранения в контейнерах



Рисунок 8 – Способ хранения в мешках

Применения многовариантных (комбинированных) способов хранения возможно только на больших производственных площадках и является оправданным, так как уменьшаются трудозатраты и повреждаемость продукции на выходе.

**Выводы.** Подводя итоги по существующему картофелесортировальному комплексу, можно сказать, что данный проект является своего рода уникальным сооружением, в нем реализованы основные задачи по механизации процесса при возделывании картофеля «от поля – до поля».

Благодаря тому, что картофельный во-рох, пришедший с поля, сразу обрабатывается, просушивается и сортируется на фракции перед закладкой на хранение, это увеличивает сохранность клубней картофеля в удовлетворительном состоянии. Так как в большинстве случаев хозяйства несут основные потери от неудовлетворительного хранения клубней картофеля. Немаловажным фактором является и отдельная зона – яровизатор, благодаря которому получают качественный однородный семенной материал, который дает дружные всходы и высокую урожайность. А также еще раз нужно отметить, что реализация трех технологических операций (сортирование, хранение, яровизация) проходит в одном здании (под единой крышей), это снижает транспортные расходы и в то же время является высокопроизводительным.

### Список литературы

1. А.С. 799833 СССР, М.Кл.3 В07В 1/16. Сортирующее устройство / Р. И. Останин, В. И. Гиммельфарб, Н. В. Шабуров и др. – №2502708/29-03; заявл. 05.05.77; опубл. 30.01.80, Бюл. №4.
2. Боднарчук, Ю. Д. Особенности функционирования рабочих органов дискового сортирующего устройства / Ю. Д. Боднарчук, А. В. Костин, Р. Р. Шакиров // Научные инновации в развитии отраслей АПК: м-лы Межд. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – С. 7–10.
3. Боднарчук, Ю. Д. Применение современных робототехнических систем в технологическом процессе послеуборочной обработки картофеля / Ю. Д. Боднарчук, А. В. Костин // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: м-лы Межд. науч.-практ. конф., 24–26 февр. 2021 г. – Ижевск, 2021. – С. 3–7.
4. Валиев, И. И. Агротехнические основы заготовки корнеклубнеплодов / И. И. Валиев, М. Н. Калимуллин, Р. К. Абдрахманов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: м-лы I-ой Междунар. науч.-практ. конф. – Казань, 2020. – С. 278–282.
5. Иванов, А. Г. Возделывание картофеля на кормовые цели / А. Г. Иванов, А. В. Костин, Р. Р. Шакиров [и др.] // Аграрное образование и наука – в развитии животноводства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 20 июля 2020 г. – Ижевск, 2020. – Т. 2. – С. 71–76.
6. ГОСТ 7001-91 Картофель семенной. – Взамен ГОСТ 7001-89; Введ 01.07.92. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 17 с.; УДК 635.21:631,531:006.354. Группа С41.СССР.
7. ГОСТ 7176-2017 «Картофель продовольственный. Технические условия» – Взамен ГОСТ 7176-85, Введ.01.07.2018.– М.: Стандартинформ, 2018. – 12 с.

8. Колчин, Н. Н. Механизация работ в хранилищах картофеля и овощей. – М.: Агропромиздат, 1985. – 191 с.: ил.

9. Иванов, А. Г. Комплекс оборудования для возделывания картофеля в хозяйствах малых форм собственности / А. Г. Иванов, К. И. Шубин, Р. Р. Шакиров, Д. А. Марков // Развитие инженерного образования и его роль в технической модернизации АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 11–13 ноября 2020 г.– Ижевск, 2021. – С. 78–86.

10. Костин, А. В. К обоснованию конструктивных параметров дискового классификатора картофеля / А. В. Костин, Р. И. Останин // Молодые ученые в реализации национальных проектов: м-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2006. – Т. III. – С. 260–264.

11. Костин, А. В. Перспективное развитие рабочих органов с закономерным ориентированием клубней в отверстие / А. В. Костин // Инновации молодых ученых – сельскому хозяйству России: м-лы II-й Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. – М.: Росинформагротех, 2006. – Ч. 2. – С. 217–221.

12. Костин, А. В. Движение клубня по торцам дисков при взаимодействии с подпирющим клубнем в дисковой сортировке / А. В. Костин, А. Г. Иванов // Вестник Ижевской ГСХА, 2007. – №1 (11). – С. 24–28.

13. Костин, А. В. Энергоемкость процесса сортирования / А. В. Костин, Р. И. Останин, Н. Г. Касимов // Научный потенциал – аграрному производству: м-лы Всерос. научно-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2008. – Т. IV. – С. 32–36.

14. Костин, А. В. Повышение эффективности функционирования устройства для калибровки картофеля путем обоснования основных конструктивно-технологических параметров: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: дис. ... канд. тех. наук / Костин Александр Владимирович. – Ижевск, 2009. – 147 с.

15. Костин, А. В. Результаты производственных испытаний дискового калибрующего устройства / А. В. Костин // Наука Удмуртии. – 2009. – № 9. – С. 146–150.

16. Костин, А. В. Влияние коэффициента трения на процесс перемещения и ориентирования клубней картофеля в пространстве при взаимодействии с дисками калибрующего устройства / А. В. Костин, Ю. Д. Боднарчук, Р. Р. Шакиров // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 3. – С. 94–98.

17. Лебедев, Л. Я. Отделитель почвенных примесей для обработки картофеля / Л. Я. Лебедев, Ф. Р. Арсланов // Научное обеспечение инженерно-технической системы АПК: проблемы и перспективы: м-лы Нац. науч.-практ. конф., 11–13 декабря 2019 г. – Ижевск, 2020. – С. 197–202.

18. Марков, Д. А. Виды устройств для сортировки картофеля / Д. А. Марков, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов // Научное обеспечение инженерно-технической системы АПК: проблемы и перспективы: м-лы Нац. науч.-практ. конф., 11–13 декабря 2019 г. – Ижевск, 2020. – С. 202–207.

19. Оборудование для подготовки картофеля к кормопроизводству / А. Г. Иванов, А. В. Костин, Р. Р. Шакиров [и др.] // Аграрное образование и наука – в развитии животноводства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 20 июля 2020г. – Ижевск, 2020. – Т. 2. – С. 96–103.

20. Останин, Р. И. Оценка точности калибрования клубней картофеля / Р. И. Останин, А. В. Костин // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 6. – С. 49–50.

21. Иванов, А. Г. Применение методов механики к исследованию рабочих процессов калибрующих устройств для картофеля: моногр. / А. Г. Иванов, П. Л. Максимов, Л. М. Максимов [и др.]; под общ. ред. А. Г. Иванова. – Ижевск: Цифра, 2021. – 260 с.

22. Костин, А. В. Применение современных технологий в агроинженерии / А. В. Костин, Ю. Д. Боднарчук, А. Г. Иванов [и др.] // Научное обеспечение инженерно-технической системы АПК: проблемы и перспективы: м-лы Нац. науч.-практ. конф., 11–13 декабря 2019 г. – Ижевск, 2020. – С. 360–365.

23. Хасанов, Э. Р. Аналитическая оценка процесса обработки клубней картофеля протравливателем инкрустатором / Э. Р. Хасанов, Р. В. Ганеев, А. М. Якупов // Вестник Башкирского ГАУ. – 2017. – № 3(43). – С. 72–77.

24. Хасанов, Э. Р. Усовершенствованная конструкция протравливателя клубней картофеля / Э. Р. Хасанов, А. М. Якупов // Инновационные достижения науки и техники АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Кинель, 2018. – С. 336–339.

25. Шакиров, Р. Р. Цифровые технологии в животноводстве и растениеводстве / Р. Р. Шакиров, А. В. Костин, А. Г. Иванов // Аграрное образование и наука – в развитии животноводства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 20 июля 2020г. – Ижевск, 2020. – Т. 2. – С. 147–149.

26. Salimzyanov, M. Improvement of technology and machines for growing potatoes in agriculture / M. Salimzyanov, V. Pervushin, R. Shakirov, M. Kalimullin // В сборнике: Engineering for Rural Development. 9. Сеп. “19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings”. – 2020. – С. 1423–1430.

27. Khamaletdinov, R. Substantiation of rational parameters of the root crops separator with a rotating inner separation surface / R. Khamaletdinov, V. Martynov, S. Mudarisov [and others] // Journal of Agricultural Engineering. – 2020. – Т. 51. – № 1. – С. 15–20.

### Spisok literatury

1. A.S. 799833 SSSR, M.Kl.3 V07V 1/16. Sortiruyushchee ustrojstvo / R. I. Ostanin, V. I. Gimmel'farb,

N. V. SHaburov i dr. – №2502708/29-03; zayavl. 05.05.77; opubl. 30.01.80, Byul. №4.

2. Bodnarchuk, YU. D. Osobennosti funkcionirovaniya rabochnih organov diskovogo sortiruyushchego ustrojstva / YU. D. Bodnarchuk, A. V. Kostin, R. R. SHakirov // Nauchnye innovacii v razvitii otraslej APK: m-ly Mezhd. nauch.-prakt. konf. v 3 t. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2020. – S. 7–10.

3. Bodnarchuk, YU. D. Primenenie sovremennyh robototekhnicheskikh sistem v tekhnologicheskom processe posleuborochnoj obrabotki kartofelya / YU. D. Bodnarchuk, A. V. Kostin // Tekhnologicheskie trendy ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK: m-ly Mezhd. nauch.-prakt. konf., 24–26 fevr. 2021 g. – Izhevsk, 2021. – S. 3–7.

4. Valiev, I. I. Agrotekhnicheskie osnovy zagotovki korneklubneplodov / I. I. Valiev, M. N. Kalimullin, R. K. Abdrahmanov // Nauchnoe soprovozhdenie tekhnologij agropromyshlennogo kompleksa: teoriya, praktika, innovacii: m-ly I-oj Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – 2020. – S. 278–282.

5. Ivanov, A. G. Vozdelyvanie kartofelya na kormovye celi / A. G. Ivanov, A. V. Kostin, R. R. SHakirov [i dr.] // Agrarnoe obrazovanie i nauka – v razvitii zhivotnovodstva: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 20 iyulya 2020 g. – Izhevsk, 2020. – Т. 2. – S. 71–76.

6. GOST 7001-91 Kartofel' semennoj. – Vzamen GOST 7001-89; Vved 01.07.92. – М.: Izd-vo standartov, 1998. – 17 s.; UDK 635.21:631,531:006.354. Gruppya S41.SSSR.

7. GOST 7176-2017 «Kartofel' prodovol'stvennyj. Tekhnicheskie usloviya» – Vzamen GOST 7176-85, Vved.01.07.2018.– М.: Standartinform, 2018. – 12 s.

8. Kolchin, N. N. Mekhanizaciya rabot v hranilishchah kartofelya i ovoshchej. – М.: Agropromizdat, 1985. – 191 s.: il.

9. Ivanov, A. G. Kompleks oborudovaniya dlya vozdeylvaniya kartofelya v hozyajstvah malyh form sobstvennosti / A. G. Ivanov, K. I. SHubin, R. R. SHakirov, D. A. Markov // Razvitie inzhenerenogo obrazovaniya i ego rol' v tekhnicheskoy modernizacii APK: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 11–13 noyabrya 2020 g. – Izhevsk, 2021. – S. 78–86.

10. Kostin, A. V. K obosnovaniyu konstruktivnyh parametrov diskovogo klassifikatora kartofelya / A. V. Kostin, R. I. Ostanin // Molodye uchenye v realizacii nacional'nyh proektov: m-ly Vseros. nauch.-prakt. konf. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2006. – Т. III. – S. 260–264.

11. Kostin, A. V. Perspektivnoe razvitie rabochnih organov s zakonomernym orientirovaniem klubnej v otverstie / A. V. Kostin // Innovacii molodyh uchenyh – sel'skomu hozyajstvu Rossii: m-ly II-j Vseros. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh i specialistov agrarnyh obrazovatel'nyh i nauchnyh uchrezhdenij. – М.: Rosinformagrotekh, 2006. – CH. 2. – S. 217–221.

12. Kostin, A. V. Dvizhenie klubnya po torcam diskov pri vzaimodejstvii s podpirayushchim klubnem v diskovoj sortirovke / A. V. Kostin, A. G. Ivanov // Vestnik Izhevskaya GSKHA, 2007. – №1 (11). – S. 24–28.

13. Kostin, A. V. Energoemkost' processa sortirovaniya / A. V. Kostin, R. I. Ostanin, N. G. Kasimov // Nauchnyj potencial – agrarnomu proizvodstvu: m-ly Vseros. nauchno-prakt. konf. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2008. – T. IV. – S. 32–36.
14. Kostin, A. V. Povyshenie effektivnosti funkcionirovaniya ustrojstva dlya kalibrovaniya kartofelya putem obosnovaniya osnovnykh konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov: spec. 05.20.01 «Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo hozyajstva»: dis. ... kand. tekhn. nauk / Kostin Aleksandr Vladimirovich. – Izhevsk, 2009. – 147 s.
15. Kostin, A. V. Rezul'taty proizvodstvennykh ispytaniy diskovogo kalibruyushchego ustrojstva / A. V. Kostin // Nauka Udmurtii. – 2009. – № 9. – S. 146–150.
16. Kostin, A. V. Vliyaniye koeffitsienta treniya na process peremeshcheniya i orientirovaniya klubnej kartofelya v prostranstve pri vzaimodejstvii s diskami kalibruyushchego ustrojstva / A. V. Kostin, YU. D. Bodnarchuk, R. R. SHakirov // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. – T. 3. – S. 94–98.
17. Lebedev, L. YA. Otdelitel' pochvennykh primesej dlya obrabotki kartofelya / L. YA. Lebedev, F. R. Arslanov // Nauchnoe obespechenie inzhenerno-tehnicheskoy sistemy APK: problemy i perspektivy: m-ly Nac. nauch.-prakt. konf., 11–13 dekabrya 2019 g. – Izhevsk, 2020. – S. 197–202.
18. Markov, D. A. Vidy ustrojstv dlya sortirovki kartofelya / D. A. Markov, R. R. SHakirov, A. G. Ivanov // Nauchnoe obespechenie inzhenerno-tehnicheskoy sistemy APK: problemy i perspektivy: m-ly Nac. nauch.-prakt. konf., 11–13 dekabrya 2019 g. – Izhevsk, 2020. – S. 202–207.
19. Oborudovanie dlya podgotovki kartofelya k kormoproizvodstvu / A. G. Ivanov, A. V. Kostin, R. R. SHakirov [i dr.] // Agrarnoe obrazovanie i nauka – v razvitii zhivotnovodstva: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 20 iyulya 2020g. – Izhevsk, 2020. – T. 2. – S. 96–103.
20. Ostanin, R. I. Ocenka tochnosti kalibrovaniya klubnej kartofelya / R. I. Ostanin, A. V. Kostin // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. – 2007. – № 6. – S. 49–50.
21. Ivanov, A.G. Primenenie metodov mekhaniki k issledovaniyu rabochnykh processov kalibruyushchih ustrojstv dlya kartofelya: monogr. / A. G. Ivanov, P. L. Maksimov, L. M. Maksimov [i dr.]; pod obshch. red. A. G. Ivanova. – Izhevsk: Cifra, 2021. – 260 s.
22. Kostin, A. V. Primenenie sovremennykh tekhnologij v agroinzhenerii / A. V. Kostin, YU. D. Bodnarchuk, A. G. Ivanov [i dr.] // Nauchnoe obespechenie inzhenerno-tehnicheskoy sistemy APK: problemy i perspektivy: m-ly Nac. nauch.-prakt. konf., 11–13 dekabrya 2019 g. – Izhevsk, 2020. – S. 360–365.
23. Hasanov, E. R. Analiticheskaya ocenka processa obrabotki klubnej kartofelya protravlivatelem-inkrustatorom / E. R. Hasanov, R. V. Ganeev, A. M. YAKupov // Vestnik Bashkirskogo GAU. – 2017. – № 3(43). – S. 72–77.
24. Hasanov, E. R. Usovershenstvovannaya konstrukciya protravlivatelya klubnej kartofelya / E. R. Hasanov, A. M. YAKupov // Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Kinel', 2018. – S. 336–339.
25. SHakirov, R. R. Cifrovye tekhnologii v zhivotnovodstve i rastenievodstve / R. R. SHakirov, A. V. Kostin, A. G. Ivanov // Agrarnoe obrazovanie i nauka – v razvitii zhivotnovodstva: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 20 iyulya 2020g. – Izhevsk, 2020. – T. 2. – S. 147–149.
26. Salimzyanov, M. Improvement of technology and machines for growing potatoes in agriculture / M. Salimzyanov, V. Pervushin, R. Shakirov, M. Kalimullin // V sbornike: Engineering for Rural Development. 9. Ser. “19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings”. – 2020. – S. 1423–1430.
27. Khamaletdinov, R. Substantiation of rational parameters of the root crops separator with a rotating inner separation surface / R. Khamaletdinov, V. Martynov, S. Mudarisov [and others] // Journal of Agricultural Engineering. – 2020. – T. 51. – № 1. – S. 15–20.

#### Сведения об авторах:

**Останин Рудольф Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: aif@izhgsha.ru).

**Костин Александр Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: kostin13@mail.ru).

**Лебедев Лев Яковлевич** – кандидат технических наук, профессор кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: lli61@mail.ru).

**Иванов Алексей Генрихович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: ivalgen@inbox.ru).

**Шакиров Ренат Равилевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: renmar@yandex.ru).



**Боднарчук Юлия Дмитриевна** – АО «Концерн Калашников», департамент по корпоративному и стратегическому развитию; отдел интеллектуальной деятельности, аспирант Ижевской государственной сельскохозяйственной академии (426006, Российская Федерация, г. Ижевск, Проезд Дерябина, 2/193, e-mail: bodnarchuk.yd@mail.ru).

**Марков Дмитрий Александрович** – исполняющий обязанности начальника отдела инженерно-технической политики и охраны труда Министерства сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики, аспирант Ижевской государственной сельскохозяйственной академии (426000, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. В. Сивкова, 120, e-mail: udmark.mda@yandex.ru).

R. I. Ostanin<sup>1</sup>, A. V. Kostin<sup>1</sup>, L. Ya. Lebedev<sup>1</sup>, A. G. Ivanov<sup>1</sup>,  
R. R. Shakirov<sup>1</sup>, Yu. D. Bodnarchuk<sup>2</sup>, D. A. Markov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Izhevsk State Agricultural Academy

<sup>2</sup>АО «Concern Kalashnikov»

<sup>3</sup>Ministry of Agriculture and Food, UR

## MECHANIZED COMPLEX FOR POSTHARVESTING PROCESSING AND STORAGE OF POTATOES

*Potatoes belong to agricultural crops that are demanding proper conditions of their cultivation and storage. At the same time, it plays an important role in the nutrition of the population and as a technical and forage crop. If the cultivation technology is followed, it gives a high yield even in the Non-Chernozom zone. However, in the future it is necessary to preserve the crop, which is ensured by post-harvest completion and storing. Postharvest completion is the most important element in storing as it enables to clean the pile of potatoes from soil impurities, plant residues, stones and substandard tubers. There is also a division of the crop into fractions by size (seed, food and technical). In the Izhevsk State Agricultural Academy, Department of Theoretical Mechanics and Resistance of Materials, a stationary complex for storing potatoes had been designed headed by Associate Professor R. I. Ostanin. The complex includes storage facilities, a springboard, and a sorting station. The principle of its operation enables to fully mechanize all operations for accepting, cleaning, sorting and laying potatoes for storing. The only operation with manual handling remains the selection of damaged and cut tubers on the bulkhead (inspection) tables. The complex has a capacity of up to 40 t/h, the sorting area is built around the original disk sorting with low rate of injury for tubers. It can provide preplanting and postharvest processing of potatoes, is equipped with its own springboard for preparing seed material. Storage of potatoes is maintained in bulk and in boxes. The experience of springboard operation in the state farm " Mir " of Votkinsky district, UR, has proved its high operational qualities.*

**Key words:** potatoes; heaps; sorting; fraction; potato sorting station; sorting device; storage; spring dispenser.

### Authors:

**Ostanin Rudolf Ivanovich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Theoretical Mechanics and Resistance of Materials, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation).

**Kostin Alexandr Vladimirovich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Theoretical Mechanics and Resistance of Materials, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: kostin13@mail.ru).

**Lebedev Lev Yakovlevich** – Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Theoretical Mechanics and Resistance of Materials, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: lli61@mail.ru).

**Ivanov Aleksey Genrikhovich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Theoretical Mechanics and Resistance of Materials, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: ivalgen@inbox.ru).

**Shakirov Renat Ravilievich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Theoretical Mechanics and Resistance of Materials, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: renmar@yandex.ru).

**Bodnarchuk Yulia Dmitrievna** – AO «Concern Kalashnikov», Postgraduate, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: bodnarchuk.yd@mail.ru).

**Markov Dmitry Alexandrovich** – Head of the Department of Engineering, Technical Policy and Labor Protection at the Ministry of Agriculture and Food, Postgraduate, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: udmark.mda@yandex.ru).

К. О. Фирус<sup>1</sup>, К. В. Анисимова<sup>2</sup>, Н. Г. Главатских<sup>2</sup>, О. Б. Поробова<sup>2</sup>,  
Е. В. Максимова<sup>2</sup>, А. Б. Спиридонов<sup>2</sup>, Т. С. Копысова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО НПО «АК ТАНДЕМ»

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

*В настоящее время отходы животноводства и птицеводства, навоз крупнорогатого скота и свиней, помет птиц запрещено вывозить на поля и использовать в качестве удобрения без предварительной обработки. Стандартный процесс обеззараживания сводится к компостированию. На крупных животноводческих предприятиях могут возникать территории с избыточным поступлением биогенных веществ в окружающую среду. Изучив информацию об использовании метода электрогидравлического эффекта, пришли к выводу, что необходимо разработать методику ускоренной переработки отходов животноводства, исследовать воздействие электрогидравлического удара на различные жидкости и провести микробиологические исследования жидкостей, подвергшихся электрогидравлическому удару. При создании внутри объема жидкости специально сформированного импульсного высоковольтного электрического разряда, в зоне последнего возникает сверхвысокое гидравлическое давление или так называемый электрогидравлический удар (ЭГУ). Под ЭГУ интенсивно гибнет микробная флора – бактерии и грибы. Новизна подхода заключается в создании «биологического щита», гарантирующего безопасность полученных методом ЭГУ удобрений, в том числе густых или осушенных, растворов или иных биологически наполненных жидкостей.*

*Результаты испытаний показали, что после обработки навоза КРС методом ЭГУ уничтожаются патогенные микроорганизмы: колиформные, энтеробактерии, шигеллы. Энергетические затраты самого процесса обработки составили 2000 Вт/ч. Основываясь на общих принципах электрогидравлической очистки и обеззараживания жидкостей и жидких субстратов, можно успешно решить и проблему очистки и обеззараживания жидких животноводческих стоков. Вода, получаемая после сепарирования обработанных методом ЭГУ отходов животноводства, быстро регенерирует и осветляется.*

*Использование метода ЭГУ дает возможность возвращать биологически стабилизированную просветленную воду обратно в сельскохозяйственный цикл. Полученный после сепарирования обеззараженный твердый остаток имеет на 300 % больше азотистых удобрений, минералы в коллоидной форме гораздо меньшего объема и может быть брикетирован в пеллеты.*

**Ключевые слова:** навоз; бактерицидность; обеззараживание; электрогидравлический эффект; удобрение; окружающая среда.

**Актуальность.** В настоящее время отходы животноводства и птицеводства, навоз крупнорогатого скота и свиней, помет птиц запрещено вывозить на поля и использовать в качестве удобрения без предварительной обработки.

Это объясняется следующими причинами:

1. В свежем навозе возможно превышение допустимых бактериологических и гельминтологических показателей.

2. В нативном (натуральном) навозе большинство питательных веществ находится в неусвояемом растениями виде.

3. В результате разложения органических веществ свежего навоза и куриного помета выделяется метан и температура повышается до 60–80 °С, что приводит к гибели растений.

4. Свежий навоз и помет содержат семена сорных растений.

Помет и навоз уже более 15 лет документально признаны отходами третьего и четвертого классов опасности [1, 2] и их запрещено

вывозить на поля и использовать в качестве удобрения без предварительной обработки.

Стандартный процесс обеззараживания сводится к компостированию. Отходы животноводства складываются в специальных объектах – навозо- и помехранилищах, лагунах для хранения бесподстилочного навоза, на специальных площадках и др.

Во время перепревания происходит – естественный аэробный процесс микробиологического разложения органических соединений;

– повышается содержание азота, фосфора, калия и других веществ, необходимых растениям;  
– гибнет патогенная микрофлора и обезвреживаются яйца гельминтов.

Минимально-разумный срок подготовки (перепревания) составляет:

– 6 месяцев для навоза КРС;  
– 3 месяца для куриного помета;  
– 12 месяцев для навоза свиней.

Объем внесения органических удобрений на российские поля с 1990 года сократился почти в шесть раз – до 65–66 млн т, или 1,4–1,5 тонн на 1 га посевов. По данным ВНИИ органических удобрений и торфа, сейчас их используют менее чем на 10 % общих посевных площадей. В среднем же по России необходимо вносить 6–7 т навоза на 1 га посева, или 500 млн т в год (с учетом чистых паров), рекомендуют ученые. Вместе с тем они признают, что на крупных животноводческих предприятиях могут возникать территории с избыточным поступлением биогенных веществ в окружающую среду [1, 3].

**Цель.** Разработать методику ускоренной переработки отходов животноводства.

**Задачи:**

1. Изучить информацию об использовании метода электрогидравлического эффекта.
2. Исследовать воздействие электрогидравлического удара на различные жидкости.
3. Провести микробиологические исследования жидкостей, подвергшихся электрогидравлическому удару.

**Материалы и методы.** НПО «Спираль» создало опытную установку для обработки навоза методом электрогидравлического эффекта.

Электрогидравлический эффект (ЭГЭ) – способ высоко эффективной трансформации электрической энергии в механическую. При создании внутри объема жидкости (или иной субстанции, включая все эластичные и даже твердые материалы) специально сформированного импульсного высоковольтного электрического разряда в зоне последнего возникает сверхвысокое гидравлическое давление, способное совершать полезную механическую работу и сопровождающееся комплексом физических и химических явлений.

Первооткрывателем механизма этого явления по праву считается советский ученый Лев Александрович Юткин, который впервые сформулировал и обозначил новый способ трансформации электроэнергии в механическую как электрогидравлический эффект (ЭГЭ). Сущность этого эффекта состоит в том, что при прохождении электроразряда высокого напряжения через жидкость в открытом или закрытом сосуде некоторый объем этой жидкости, находящийся в межэлектродном пространстве, мгновенно вскипает, в результате чего в сосуде образуется газожидкостная смесь [4–7].

При обработке субстанции электрогидравлическим ударом (ЭГУ) происходят сложные

процессы, связанные с температурой, давлением, ультрафиолетовым и звуковым излучениями [8, 9, 10, 11, 12].

Под ЭГУ интенсивно гибнет микробная флора, в первую очередь бактериальная. В жидкости, полученной после ЭГУ, уничтожаются патогенные микроорганизмы: колиформные, энтеробактерии и шигеллы.

После обработки навоза с использованием метода гидравлического удара были взяты пробы для проведения микробиологических исследований.

**Результаты и обсуждение.** Исследования проводились на базе кафедры «Инфекционных болезней и патологической анатомии» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Результаты приведены в таблицах 1, 2, 3.

Опыт 1. Материал для исследования: проба навоза, перепревавшего в течение 14 дней, объем – 1,5 л. Проба 1 до обработки, проба 2 после обработки. Электрогидравлический удар проводился с напряжением 25 кВ. Продолжительность воздействия 13 секунд, количество разрядов – 20.

**Результаты микробиологического исследования.** Проба 1 (до обработки). Общее микробное число (ОМЧ) 960 КОЕ/г.

На МПА (мясопептонный агар) выросли 3 вида колоний:

- мелкие, серовато-белого цвета, круглые, выпуклые с ровными краями и гладкой поверхностью (при микроскопии обнаружены грамположительные палочки);
- серовато-белого цвета колонии, диаметром 1–2 мм, круглые выпуклые с гладкой поверхностью и ровными краями (при микроскопии обнаружены грамположительные палочки);
- серовато-белого цвета колонии, диаметром 1–2 мм, с неровным изрезанным краем, плоские (при микроскопии обнаружены грамположительные палочки, спорообразующие).

На среде Эндо количество микробных единиц составило 560 КОЕ/г, при этом выросли колонии малинового цвета, мелкие, с металлическим блеском, выпуклые, с ровными краями и гладкой поверхностью (при микроскопии грамотрицательные палочки). Характерно для бактерий группы кишечной палочки.

Проба 2 (после обработки). Общее микробное число (ОМЧ) 560 КОЕ/г.

На МПА (мясопептонный агар) вырос 1 вид колоний:

- серовато-белого цвета колонии, диаметром 1–2 мм, с неровным изрезанным краем,

плоские (при микроскопии обнаружены грам-положительные палочки, спорообразующие).

На среде Эндо рост характерных колоний для бактерий группы кишечной палочки не обнаружен.

Паразитологические исследования. При гелиннтоовоскопическом методе исследования (метод Фюлеборна) в обеих исследуемых пробах обнаружены яйца стронгилятозного типа.

Опыт 2. Материал для исследования: фекалии крупного рогатого скота, объём – 1,5 л. Про-

ба 1 – до обработки, проба 2 – после обработки. Электрогидравлический удар проводился с напряжением 30 кВ. Продолжительность воздействия 13 секунд, количество разрядов – 20.

Опыт 3. Материал для исследования: проба навоза, перепревавшего в течение 1 дня, объём – 1,5 л. Проба 1 – до обработки, проба 2 – после обработки. Электрогидравлический удар проводился с напряжением 25 кВ. Продолжительность воздействия 13 секунд, количество разрядов – 20.

**Таблица 1 – Соответствие проб ветеринарно-санитарным требованиям к органическим удобрениям (ГОСТ 33830-2016 Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия)**

Показатель	Требования	Проба 1 (до обработки)	Проба 2 (после обработки)
Количество микроорганизмов, КОЕ/г	Не допускается	960	560
Индекс санитарно-показательных микроорганизмов, КОЕ/г	1–9	560	нет
Наличие жизнеспособных яиц и личинок гельминтов	Не допускается	Яйца стронгилятозного типа	Яйца стронгилятозного типа

**Таблица 2 – Соответствие проб ветеринарно-санитарным требованиям к органическим удобрениям (ГОСТ 33830-2016 Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия)**

Показатель	Требования по ГОСТ 33830-2016	Проба до обработки	Проба после обработки
Количество микроорганизмов, КОЕ/г	Не допускается	$8,7 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$
Индекс санитарно-показательных микроорганизмов, КОЕ/г: – колиформы – энтеробактерии	1–9 1–9	$3,2 \times 10^6$ $2,8 \times 10^6$	$0,1 \times 10^6$ нет
Наличие патогенных и болезнетворных микроорганизмов, в том числе энтеробактерий (патогенных сероваров кишечной палочки, сальмонелл, протей), энтерококков, стафилококков, клостридий, бацилл, энтеровирусов, КОЕ/г	Не допускается	– патогенных сероваров кишечной палочки ( $2,4 \times 10^6$ ) – стафилококков ( $1,2 \times 10^6$ ) – клостридий ( $0,8 \times 10^6$ ) – бацилл ( $0,7 \times 10^6$ )	– патогенных сероваров кишечной палочки – не обнаружено – стафилококков – не обнаружено – клостридий ( $0,5 \times 10^6$ ) – бацилл ( $1,6 \times 10^6$ )
Наличие жизнеспособных яиц и личинок гельминтов, в том числе нематод (аскаридат, трихоцефалов, стронгилят, стронгилоидов), трематод, цестод, экз./кг	Не допускается	Яйца стронгилятозного типа	нет
Цисты кишечных патогенных простейших, экз./100 г	Не допускается	Ооцисты эймерий	Ооцисты эймерий

**Таблица 3 – Соответствие проб ветеринарно-санитарным требованиям к органическим удобрениям (ГОСТ 33830-2016 Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия)**

Показатель	Требования	Навоз исходный	Навоз обработанный
Количество микроорганизмов, КОЕ/мл	Не допускается	1525	750
Индекс санитарно-показательных микроорганизмов (колиформные, энтеробактерии), КОЕ/мл	1–9	–	–
Наличие патогенных и болезнетворных микроорганизмов, в том числе энтеробактерий (патогенных серовариантов кишечной палочки, сальмонелл, протей), энтерококков, стафилококков, клостридии, бацилл, энтеровирусов, КОЕ/мл	Не допускается	Патогенные бациллы	Патогенные бациллы
Наличие жизнеспособных яиц и личинок гельминтов	Не допускается	Ооцисты эймерии, яйца эзофагостом	Яйца стронгилоидесов, дикроцелий

Новизна подхода заключается в создании «биологического щита», гарантирующего безопасность полученных методом ЭГУ удобрений, в том числе густых или осушенных, растворов или иных биологически наполненных жидкостей.

Основываясь на общих принципах электрогидравлической очистки и обеззараживания жидкостей и жидких субстратов, можно успешно решить и проблему очистки и обеззараживания жидких животноводческих стоков.

Научно-производственное объединение «Спираль» разработало технологию, которая сокращает период переработки навоза КРС и свиней, помета птиц в органическое удобрение за счет исключения из процесса стадии перепревания.

Полученные результаты показали перспективность использования электрогидравлического эффекта для обеззараживания и дегельминтизации животноводческих стоков с целью их дальнейшей утилизации.

Результаты испытаний показали, что после обработки пробы навоза КРС методом ЭГУ были полностью уничтожены колиформные и энтеробактерии, в том числе дизентерийная палочка, содержание которой в исходном образце в 1 гр. составляло 560 ед.

**Выводы.** Использование установки, работающей методом ЭГУ, позволяет решить главную проблему любого сельского хозяйства – это организация замкнутого цикла безопасного водопотребления.

Вода, получаемая после сепарирования обработанных методом ЭГУ отходов животноводства, быстро регенерирует и осветляется. Это дает возможность при применении специального удлиненного отстойника возвращать биологически стабилизированную просветленную воду с наведенной биологической стабильностью обратно в сельскохозяйственный цикл. Омытые такой водой поверхности животноводческих ферм приобретают естественную биологическую стабильность и обеспечивают защиту животных от широкого спектра инфекций и вирусов.

Полученный после сепарирования обеззараженный твердый остаток имеет на 300 % больше азотистых удобрений, минералы в коллоидной форме, гораздо меньший объем и может быть брикетирован в пеллеты.

Упакованные сухие пеллеты хорошо хранятся, транспортируются, могут быть реализованы на с/х биржах, использованы в качестве удобрения непосредственно при посадке

или выступить в качестве топлива для отопления производственных помещений обычными автоматизированными котлами, или котлами-газогенераторами для попутного питания ДВС и выработки от 50 кВт электроэнергии напряжением 380 В.

### Список литературы

1. Анисимова, К. В. Исследование органоминерального удобрения из шлама МУП «Ижводоканал» / К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Порохова, Т. С. Копысова // Аграрное образование и наука в развитии животноводства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию заслуженного работника ВПО РФ, лауреата Государственной премии УР, ректора ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, доктора с.-х. наук, профессора А. И. Любимова. В 2 т. – Ижевск, 2020. – Т. 2. – С. 168–171.
2. А. с. 105011 (СССР). Способ получения высоких и сверхвысоких давлений / Л. А. Юткин, Л. И. Гольцова. – Заявл. 15.04.50, №416898; Оpubл. в Б. И., 1957, №1.
3. А. с. 129945 (СССР). Способ получения высоких и сверхвысоких давлений и устройство для его осуществления / Л. А. Юткин, Л. И. Гольцова. – Заявл. 29.12.52, №605995/25; Оpubл. в Б. И., 1963, №20.
4. Бабинцева, Т. В. Способы обеззараживания навоза / Т. В. Бабинцева, Е. В. Максимова, Н. Ю. Мосин // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: м-лы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России. – Ижевск, 2021. – С. 84–86.
5. Карабут, Т. Отходили ценный продукт? Как бизнес выполняет требования природоохранного законодательства при использовании навоза и помета / Т. Карабут // Агроинвестор [Электронный журнал]. – 2019. – № 3 Март. – URL: <https://agrarii.com/othod-ilitseennyu-produkt/> (дата публикации: 1 марта 2019).
6. Климова, Е. С. Контаминация предметов окружающей среды ооцистами эймерий / Е. С. Климова, М. Р. Кудрин, Е. В. Максимова, А. Д. Решетникова // Вестник Ижевской ГСХА. – 2020. – № 1 (61). – С. 36–41.
7. Фасхутдинов, И. И. Экологические аспекты условий и охраны труда как фактор эффективности производства / И. И. Фасхутдинов, Р. Ф. Вагапов, В. М. Медведев // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: м-лы I-ой Междунар. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 425–428.
8. Юткин, Л. А. Электрогидравлический эффект / Л. А. Юткин. – М.; Л.: Mashgiz, 1955. – 52 с.
9. Юткин, Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л. А. Юткин. – Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд., 1986. – 253 с.: ил.

10. Kelova, M. G. Membrane technologies – promising methods for cleaning and disinfection of collector-drainage waters / M. G. Kelova, A. A. Ishanguliev, G. A. Ishanguliev // International scientific review of the problems and prospects of modern science and education. Collection of scientific articles LXX International correspondence scientific and practical conference. – 2020. – С. 15–17.

11. Saleeva, I. P. Methods of surface disinfection of eggs prior to incubation / I. P. Saleeva, V. Yu. Morozov, E. V. Zhuravchuk, A. V. Ivanov, A. A. Zotov, E. E. Epimakhova, R. O. Kolesnikov, A. N. Chernikov // The XVth European Poultry Conference. Conference Information and Proceedings. – World's Poultry Science Association, Croatian Branch, 2018. – С. 471.

12. Safonov, A. V. Changes in the physical and chemical properties of soil under the influence of manure, green manure and the stover biodestructor / A. V. Safonov, E. N. Kuzin, A. N. Arefiev, E. E. Kuzina // Volga Region Farmland. – 2020. – № 2 (6). – С. 8–12.

### Spisok literatury

1. Anisimova, K. V. Issledovanie organomineral'nogo udobreniya iz shlama MUP «Izhvodokanal» / K. V. Anisimova, N. G. Glavatskih, O. B. Porobova, T. S. Kopysova // Agrarnoe obrazovanie i nauka v razvitii zhivotnovodstva: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 70-letiyu zasluzhennogo rabotnika sel'skogo hozyajstva RF, pochetnogo rabotnika VPO RF, laureata Gosudarstvennoj premii UR, rektora FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, doktora s.-h. nauk, professora A. I. Lyubimova. V 2 t. – Izhevsk, 2020. – T. 2. – С. 168–171.

2. A. s. 105011 (SSSR). Sposob polucheniya vysokih i sverhвысокih davlenij / L. A. YUtkin, L. I. Gol'cova. – Zayavl. 15.04.50, №416898; Opubl. v B. I., 1957, №1.

3. A. s. 129945 (SSSR). Sposob polucheniya vysokih i sverhвысокih davlenij i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya / L. A. YUtkin, L. I. Gol'cova. – Zayavl. 29.12.52, №605995/25; Opubl. v B. I., 1963, №20.

4. Babinceva, T. V. Sposoby obezzarazhivaniya navoza / T. V. Babinceva, E. V. Maksimova, N. YU. Mosin // Tekhnologicheskie trendy ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK: m-ly Mezhdunarodnoj nauchno-

prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj godu nauki i tekhnologii v Rossii. – Izhevsk, 2021. – С. 84–86.

5. Karabut, T. Othod ili cennyj produkt? Kak biznes vypolnyaet trebovaniya prirodohrannogo zakonodatel'stva pri ispol'zovanii navoza i pometa / T. Karabut // Agroinvestor [Elektronnyj zhurnal]. – 2019. – № 3 Mart. – URL: <https://agrarii.com/othod-ili-tsennyy-produkt/> (data publikacii: 1 marta 2019).

6. Klimova, E. S. Kontaminaciya predmetov okruzhayushchej sredy oocistami ejmerij / E. S. Klimova, M. R. Kudrin, E. V. Maksimova, A. D. Reshetnikova // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2020. – № 1 (61). – С. 36–41.

7. Faskhutdinov, I. I. Ekologicheskie aspekty uslovij i ohrany truda kak faktor effektivnosti proizvodstva / I. I. Faskhutdinov, R. F. Vagapov, V. M. Medvedev // Nauchnoe soprovozhdenie tekhnologij agropromyshlennogo kompleksa: teoriya, praktika, innovacii: m-ly I-oj Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – 2020. – С. 425–428.

8. YUtkin, L. A. Elektrogidravlicheskiy effekt / L. A. YUtkin. – M.; L.: Mashgiz, 1955. – 52 s.

9. YUtkin, L. A. Elektrogidravlicheskiy effekt i ego primenenie v promyshlennosti / L. A. YUtkin. – Leningrad: Mashinostroenie, Leningr. otd., 1986. – 253 s.: il.

10. Kelova, M. G. Membrane technologies – promising methods for cleaning and disinfection of collector-drainage waters / M. G. Kelova, A. A. Ishanguliev, G. A. Ishanguliev // International scientific review of the problems and prospects of modern science and education. Collection of scientific articles LXX International correspondence scientific and practical conference. – 2020. – С. 15–17.

11. Saleeva, I. P. Methods of surface disinfection of eggs prior to incubation / I. P. Saleeva, V. Yu. Morozov, E. V. Zhuravchuk, A. V. Ivanov, A. A. Zotov, E. E. Epimakhova, R. O. Kolesnikov, A. N. Chernikov // The XVth European Poultry Conference. Conference Information and Proceedings. – World's Poultry Science Association, Croatian Branch, 2018. – С. 471.

12. Safonov, A. V. Shanges in the physical and chemical properties of soil under the influence of manure, green manure and the stover biodestructor / A. V. Safonov, E. N. Kuzin, A. N. Arefiev, E. E. Kuzina // Volga Region Farmland. – 2020. – № 2 (6). – С. 8–12.

### Сведения об авторах:

**Фирус Константин Олегович** – директор ООО НПО «АК ТАНДЕМ» (426027, Российская Федерация, Ижевск, ул. Торфяная, 21, e-mail: 0810box@mail.ru).

**Анисимова Ксения Валерьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и оборудование пищевых и перерабатывающих производств», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: kozhkv@mail.ru).

**Главатских Надежда Григорьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и оборудование пищевых и перерабатывающих производств», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская федерация, Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: gng1210@yandex.ru).

**Поробова Ольга Борисовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и оборудование пищевых и перерабатывающих производств», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: porobova@rambler.ru).

**Максимова Елена Вениаминовна** – кандидат ветеринарных наук, заведующий кафедрой «Инфекционных болезней и патологической анатомии», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: lenamakssimova@mail.ru).

**Спирidonov Анатолий Борисович** – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технологии и оборудование пищевых и перерабатывающих производств», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская федерация, Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: anbs88@bk.ru).

**Копысова Татьяна Сергеевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и оборудование пищевых и перерабатывающих производств», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, Ижевск, ул. Студенческая 9, e-mail: tan84@list.ru).

K. O. Firus<sup>1</sup>, K.V. Anisimova<sup>2</sup>, N. G. Glavatskikh<sup>2</sup>, O. B. Porobova<sup>2</sup>,  
Ye. V. Maksimova<sup>2</sup>, A. B. Spiridonov<sup>2</sup>, T. S. Kopysova<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>NPO «AK TANDEM»

<sup>2</sup>Izhevsk State Agricultural Academy

## INTENSIFICATION OF THE ANIMAL WASTE CONVERSION PROCESS

*Nowadays, animal and poultry keeping wastes, cattle, pig and poultry manure are prohibited from being transported into the fields and to be used as fertilizers devoid of preliminary treatment. The standard decontamination process comes down to composting. And territories with an excess intake of biogenic substances into the environment can arise at large livestock enterprises. The article is aimed at presenting the methodology for accelerated process of animal waste conversion. The following tasks were to be solved: 1) to study information on the use of the electrohydraulic effect method; 2) to look into the effect of electrohydraulic impact on various fluids; 3) to conduct microbiological investigation of liquids subjected to electrohydraulic impact. Material and methods used: when a specially formed pulsed high-voltage electric discharge is created inside the liquid volume, an ultra-high hydraulic pressure or the so-called electrohydraulic shock (EHS) occurs in the area of the latter. The microbial flora – bacteria and fungi – dies intensively under the influence of the electrohydraulic shock. The novelty of the approach lies in the creation of the so-called "biological shield" that guarantees the safety of fertilizers obtained by the EHS method, including thick or drained fluids, solutions or other biologically filled liquids.*

*The results of testing have shown that pathogenic microorganisms (coliform bacterium, enterobacteria, shigella) have been destroyed after the treatment of cattle manure by the EHS method. The energy consumption of the treatment process itself was 2000 w/h. It is possible to successfully solve the problem of purification and disinfection of liquid livestock effluents while following the general principles of electrohydraulic purification and disinfection of liquids and liquid substrates. The water obtained after animal wastes having been treated by the EHS method is quickly regenerated and purified.*

*Application of the EHS method makes it possible to return biologically stabilized and purified water back into the agricultural cycle. The disinfected solid residues obtained after separation have 300 % more nitrogenous fertilizers, colloidal minerals alongside with a much smaller volume that can be briquetted into pellets.*

**Key words:** manure bactericidal activity; disinfection; electrohydraulic effect; fertilizers; environment.

### Authors:

**Firus Konstantin Olegovich** – Director of LLC NPO "AK TANDEM"  
(21, Torfyanaya St. 426027, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: 0810box@mail.ru).

**Anisimova Kseniya Valerievna** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technologies and Equipment for Food and Processing Industries, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: kozhkv@mail.ru).

**Glavatskikh Nadezhda Grigorievna** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technologies and Equipment for Food and Processing Industries, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: gng1210@yandex.ru).

**Porobova Olga Borisovna** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technologies and Equipment for Food and Processing Industries, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: porobova@rambler.ru).

**Maksimova Yelena Veniaminovna** – Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Department of Infectious Diseases and Pathological Anatomy, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: lenamakssimova@mail.ru).

**Spiridonov Anatoly Borisovich** – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Technologies and Equipment for Food and Processing Industries, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: anbs88@bk.ru).

**Kopysova Tatyana Sergeevna** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technologies and Equipment for Food and Processing Industries, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: e-mail: tan84@list.ru).

## ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПУБЛИКАЦИИ АВТОРСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1. К публикации принимаются соответствующие основным научным направлениям журнала статьи, содержащие новые, ранее не опубликованные результаты научных исследований, разработки, готовые к практическому применению, а также материалы, представляющие познавательный интерес.

2. Автор предоставляет редакции журнала «Вестник Ижевской ГСХА» неисключительные права на статью для ее опубликования. Шаблон лицензионного договора размещен на странице журнала в сети Интернет (<http://izhgsha.ru>).

3. Рукопись статьи представляется непосредственно в редакцию журнала или присылается по почте (в т. ч. электронной) в виде компьютерной распечатки с приложением носителя (диск CD-R или CD-RW, USB-носитель) с записанным текстом (в формате Microsoft Word 2003 с расширением файла \*.rtf или \*.doc) и иллюстрационным материалом.

Статья должна содержать следующие структурные элементы: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования (желательно наличие иллюстративного материала: таблицы, рисунки), выводы.

4. Текст должен быть набран шрифтом Times New Roman. Размер шрифта 14 (для основного текста), 12 – для дополнительного текста (текста таблиц, списка литературы и т. п.). Междустрочный интервал для текста полуторный; режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Формат бумаги А4 (210×297 мм). Поля: сверху, снизу, слева – 2,0 см, справа – 2,5. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту (1,27 или 1,5 см). Номера страниц ставятся внизу и посередине.

5. Таблицы должны быть созданы в Microsoft Word. Шрифт шапки таблицы – 11 (жирн.), текста таблицы – 12. Междустрочный интервал для таблиц одинарный. Ширина таблицы должна совпадать с границами основного текста, горизонтальные таблицы необходимо поместить в отдельные файлы.

6. Рисунки допускаются только черно-белые, штриховые, без полутонов и заливки. В рисунках необходимо предусмотреть 1,5-кратное уменьшение. Ширина рисунков – не более ширины основного текста. Дополнительно рисунки представляются в отдельных файлах в одном из следующих форматов: \*.jpeg, \*.eps, \*.tiff.

7. Все математические формулы должны быть тщательно выверены. Электронная версия представлена в формате Microsoft Equation 3.1.

8. Объем рукописи должен быть не менее 14 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки.

9. Сведения об авторе должны содержать: фамилию, имя, отчество, ученую степень, ученое звание, должность, полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город (на русском и английском языках); E-mail для каждого автора, корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

10. Название статьи приводится на русском и английском языках.

11. Аннотация приводится на русском и английском языках и повторяет структуру статьи: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования, выводы. Аннотация должна содержать не менее 200 слов.

12. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой. Ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

13. Статья должна быть подписана всеми авторами.

14. Пристатейный список литературы должен оформляться по ГОСТ 7.1–2003. В тексте статьи ссылки на литературу оформляются в виде номера в квадратных скобках на каждый источник. В список литературы желательно включать статьи из периодических источников: научных журналов, материалов конференций, сборников научных трудов и т. п., нельзя ссылаться на неопубликованные работы. Источники (не менее 7) в списке литературы размещаются строго в алфавитном порядке. Сначала приводятся работы авторов на русском языке, затем на других языках. Все работы одного автора необходимо указывать по возрастанию годов издания. Авторы несут ответственность за правильность данных, приведенных в пристатейном списке литературы, а также за точность приводимых в рукописи цитат, фактов, статистических данных. Пристатейный список литературы приводится на русском языке.

15. Статьи, оформленные с нарушением требований, рассматриваться и публиковаться не будут.

16. К статье прилагается рецензия (внешняя), составленная доктором наук по направлению исследований автора (формат jpg). Рецензия должна содержать: полное название статьи; должность автора статьи; его фамилию, имя, отчество; краткое описание проблемы, которой посвящена статья; степень актуальности предоставляемой статьи; наиболее важные аспекты, раскрытые автором в статье; рекомендацию к публикации; сведения о рецензенте (ученая степень, ученое звание, должность, место работы, фамилия, имя, отчество, подпись, гербовая печать). Рецензирование всех научных статей обеспечивается редакцией. Рецензирование проводят члены редакционной коллегии или приглашенные редакцией рецензенты.



---

## AUTHORS' INSTRUCTIONS FOR ARTICLES SUBMISSION AND PUBLICATION

1. Articles submitted for publication should conform to the main scientific directions of the journal, contain previously unpublished results of original researches, developments which are ready for use in practical work, as well as the materials of cognitive interest.

2. The author gives non-exclusive rights for the article publication to the editorship of "Vestnik of Izhevsk SAA". A license agreement template is published on the journal website (<http://izhgsha.ru>).

3. Manuscripts should be presented to the editorial office directly or submitted by mail (e-mail) in the printed form with an electronic version of the article (Microsoft Word 2003, \*.rtf file or \*.doc file) on CD-R, CD-RW, Flash drive.

The article should include the following structural parts: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results (supporting data and illustrative material are desirable: tables, drawings), conclusions.

4. The print size type of the text is Times New Roman, font size 14 is for the main part, 12 – for the additional text (tables, literature references etc.). Line spacing is one-and-a-half; justified alignment; automatic hyphenation. The article must be printed on paper with format of A4 (210×297). The sidelines: above, below and left – 2 cm, right – 2.5 cm. The paragraph break must be the same in the whole text (1.27 or 1.5 cm). Page numbers are put in the centre below.

5. Tables must be executed in Microsoft Word. The font of table heading is 11 (bold), table texts – 12; single space. The width of the table must be the same as the main text lines, horizontal tables should be placed in a separate file.

6. Only black-and-white drawings, drawings in lines, without halftones and filling are allowed. It is necessary to provide for 1.5-fold reduction in the drawings. The drawing width must not be more than the width of the main text. In addition, the drawings are presented in separate files in one of the following formats: \*.jpeg, \*.eps, \*.tiff.

7. All mathematical formulae must be accurately adjusted. The electronic version should be provided in format Microsoft Equation 3.1.

8. The volume of the manuscript should not be less than 14 standard pages of the text including tables and drawings.

9. Information about the author should contain: the surname, first name and patronymic; science degree, academic rank, position, full name of organization – place of work of every author, city and country (in the Russian and English languages); e-mail of every author, correspondent postal address and contact telephone number (may be one for all authors).

10. The title of the article is given in Russian and English.

11. The annotation of the article is given in Russian and English and it should reflect the structure of the article: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results, conclusions. The annotation should contain minimum 200 words.

12. Key words or word combinations are separated by semicolon. Key words are printed in Russian and English.

13. The article must be signed by all its authors.

14. The literature reference list of the article must be done according to the state standard GOST 7.0.1–2003. References to the resources of information in the text are indexed with numbers and given in square parentheses. The reference list should include articles from periodicals: peer-reviewed journals, conference proceedings, collection of scientific papers etc., unpublished papers should not be put on the literature reference list.

The reference sources (not less than 7) must be listed in the references in alphabetical order. First the papers of authors are given in Russian, further in other languages. All the papers of one author should be indexed in ascending order of the years of publishing.

The authors are responsible for the correctness of data given in the literature reference list of the article, as well as for the accuracy of citations, facts, statistical information provided in the manuscript. The literature reference list is printed in the Russian language.

15. Papers which do not conform to the requirements mentioned above shall not be taken for consideration, reviewing and publishing.

16. The article is enclosed with the review (external) of Doctor of Sciences in the author's research field (format jpg). The review should contain: a full title of the article; a position of the article's author, his/her surname, first name and patronymic; a brief description of the article's problem; a degree of relevance of the article; the most significant issues revealed by the author in the article; a recommendation for the article publication; information about the reviewer (science degree, academic rank, position and place of work, surname, first name and patronymic, signature, official stamp). Review of all scientific articles is provided by the editorial staff. The peer review is carried out by the editors or external reviewers.