

ISSN 1817–5457 (print)  
ISSN 2949–3552 (online)



# ВЕСТНИК

Ижевской государственной  
сельскохозяйственной академии

№ 3 (75) 2023







# ВЕСТНИК

Ижевской государственной сельскохозяйственной академии  
Научно-практический журнал • № 3 (75) 2023

Журнал основан в марте 2004 г. Выходит ежеквартально

Учредитель федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Удмуртский государственный аграрный университет»

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 Перечень ВАК, Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ),  
реферативную базу данных AGRIS.

Ответственность за содержание статей  
несут авторы публикаций.

Редакторы И. М. Мерзлякова,  
С. В. Полтанова  
Верстка А. А. Волкова  
Перевод Л. А. Новикова

Подписано в печать 25.09.2023 г.  
Дата выхода в свет 29.09.2023 г.  
Формат 60×84/8. Тираж 500 экз.  
Заказ № 8778. Цена свободная.

© Удмуртский ГАУ, 2023

ISSN 1817-5457 (Print)  
ISSN 2949-3552 (Online)  
DOI 10/48012/1817-5457

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

### Главный редактор

доктор технических наук, доцент *А. А. Брацихин*

### Научный редактор

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *С. И. Коконев*

### Члены редакционного совета:

*А. М. Ленточкин* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

*Т. Ю. Бортник* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент УдГАУ

*Т. А. Бабайцева* – доктор сельскохозяйственных наук, доцент УдГАУ

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

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

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

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

*Н. И. Филиппова* – кандидат сельскохозяйственных наук,  
ТОО НПЦЗХ им. А. И. Бараева, Казахстан

*А. И. Любимов* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

*С. Л. Воробьева* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

*С. Д. Батанов* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

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

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

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

*Ю. Г. Крысенко* – доктор ветеринарных наук, профессор УдГАУ

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

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

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

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

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

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

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

*П. В. Дородов* – доктор технических наук, профессор УдГАУ

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

*С. И. Юран* – доктор технических наук, профессор УдГАУ

*Н. П. Кондратьева* – доктор технических наук, профессор УдГАУ

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

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

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

*Л. А. Садыкова* – кандидат технических наук,  
ассоциированный профессор Западно-Казахстанского  
инновационно-технологического университета (ЗКИТУ), Казахстан



**УдГАУ**  
УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

# THE BULLETIN

*of Izhevsk State Agricultural Academy*

Theoretical and practical journal • № 3 (75) 2023

Journal was founded in March, 2004. Quarterly issued journal

Founder is Federal State Budget Education Institution  
for Higher Education «Udmurt State Agricultural University»

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 Higher  
Attestation Commission List,  
in the database of the Russian science  
citation index and indexed  
in the AGRIS international database.

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

Editors I. M. Merzlyakova,  
S. V. Poltanova  
Layout A. A. Volkova  
Translation L. A. Novikova

Signed for printing 25 September 2023.  
Publication – 29 September 2023.  
Format 60×84/8. Printing 500 iss.  
Order № 8778. Free price.

© Udmurt State Agricultural University,  
2023

ISSN 1817-5457 (Print)  
ISSN 2949-3552 (Online)  
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,  
Udmurt State Agricultural University

*T. Yu. Bortnik* – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Udmurt State Agricultural University

*T. A. Babaytseva* – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Udmurt State Agricultural University

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

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

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

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

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

*N. I. Filippova* – Candidate of Agricultural Sciences

LLC SPCGF named after A. I. Baraev, Kazakhstan

*A. I. Lubimov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Udmurt State Agricultural University

*S. L. Vorobyeva* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Udmurt State Agricultural University

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

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

*Yu. G. Krysenko* – Doctor of Veterinary Science, Professor,  
Udmurt State Agricultural University

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

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

*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,  
Udmurt State Agricultural University

*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, Udmurt State Agricultural University

*N. P. Kondratyeva* – Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Udmurt State Agricultural University

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

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

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

*L. A. Sadykova* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
of West Kazakhstan Innovation and Technology University, Kazakhstan

## СОДЕРЖАНИЕ

### АГРОНОМИЯ

<b>Т. Н. Рябова, А. В. Ястребова, С. И. Коконев, А. В. Мильчакова</b> Кормовая продуктивность люпина узколистного в зависимости от предпосевной обработки семян и нормы высева . . . . .	4
<b>В. А. Островский, С. И. Коконев, Т. Н. Рябова</b> Сравнительная оценка семенной продуктивности сортов люцерны изменчивой в Северном Казахстане . . . . .	10

### ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

<b>Д. А. Баймуканов, А. Д. Баймуканов, В. А. Демин, Ю. А. Юлдашбаев, Д. М. Бекенов, С. Д. Батанов, М. Т. Каргаева</b> Постэмбриональное развитие молодняка и молочная продуктивность верблюдиц породы казахский бактриан ( <i>Camelus Bactrianus</i> ) . . . . .	17
<b>А. Н. Куликов, А. В. Шишкин, Е. И. Трошин, Ю. Г. Васильев, Н. А. Санникова</b> Влияние использования кормовой добавки «Active Mix» VMG 500/600 на содержание микроэлементов и витаминов в крови коров-первотелок . . . . .	26
<b>Е. Н. Мартынова, Ю. В. Исупова, В. Ю. Якимова, О. М. Нагорная</b> Реализация генетического потенциала коров в зависимости от методов подбора и способов содержания . . . . .	34
<b>Е. А. Михеева, А. В. Шишкин, С. Л. Воробьева, К. Л. Шкляев, М. Ю. Попкова</b> Определение содержания некоторых микро- и макроэлементов в организме пчел при применении кормовой добавки . . . . .	41

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>П. В. Дородов, И. Т. Хахимов</b> О несущей способности рамы культиватора БПК-12. . . . .	47
<b>А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, А. В. Малинин</b> Исследование антифрикционных свойств керамических восстановительных покрытий на основе оксида железа . . . . .	55
<b>В. В. Селунский, А. Н. Ткачев, В. Ю. Чуринов</b> Усовершенствование установки электростатического копчения с целью улучшения качества рыбы холодного копчения . . . . .	61
<b>Р. А. Храмешин, М. С. Волхонков, А. В. Храмешин</b> Обоснование конструкции и основных параметров модуля очистки сортирующей поверхности . . . . .	69

## CONTENTS

### AGRONOMY

<b>T. N. Ryabova, A. V. Yastrebova, S. I. Kokonov, A. V. Milchakova</b> Feeding productivity of narrow-leaved lupine depending on pre-sowing seed treatment and seeding rate . . . . .	4
<b>V. A. Ostrovsky, S. I. Kokonov, T. N. Ryabova</b> Comparative assessment of seed productivity of variegated alfalfa varieties in Northern Kazakhstan . . . . .	10

### ZOOTECNICS AND VETERINARY SCIENCE

<b>D. A. Baimukanov, A. D. Baimukanov, V. A. Demin, Yu. A. Yuldashbayev, D. M. Bekenov, S. D. Batanov, M. T. Kargayeva</b> Postembryonic development of young animals and milk productivity of Kazakh Bactrian female camels ( <i>Camelus Bactrianus</i> ). . . . .	17
<b>A. N. Kulikov, A. V. Shishkin, E. I. Troshin, Yu. G. Vasiliev, N. A. Sannikova</b> Effect of the “Active Mix” VMG 500/600 feed additive on the content of microelements and vitamins in the blood of first-calf heifers . . . . .	26
<b>E. N. Martynova, Yu. V. Isupova, V. Yu. Yakimova, O. M. Nagornaya</b> Realization of the genetic potential of cows depending on the selection and management methods. . . . .	34
<b>E. A. Mikheeva, A. V. Shishkin, S. L. Vorobieva, K. L. Shklyayev, M. Yu. Popkova</b> Determination of some micro- and macro-elements in the body of bees when using a feed additive . . . . .	41

### TECHNICAL SCIENCES

<b>P. V. Dorodov, I. T. Khakimov</b> On the bearing capacity of the BPC-12 cultivator frame . . . . .	47
<b>A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevsky, A. V. Malinin</b> Study of antifricition properties of ceramic recovery coatings based on iron oxide. . . . .	55
<b>V. V. Selunskiy, A. N. Tkachev, V. Yu. Churin</b> Improvement of the electrostatic smoking unit for enhancing the quality of cold smoked fish . . . . .	61
<b>R. A. Khrameshin, M. S. Volkhonov, A. V. Khrameshin</b> Justification of the design and main parameters of the module for cleaning the sorting surface. . . . .	69



## КОРМОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И НОРМЫ ВЫСЕВА

Рябова Татьяна Николаевна, Ястребова Алена Владимировна✉,  
Коконев Сергей Иванович, Мильчакова Анна Владимировна

Удмуртский ГАУ, Россия

✉yastrebova.alena@yandex.ru

**Аннотация.** *Зерновые бобовые культуры играют особенную роль в получении качественных кормов с высоким содержанием белка. Очень важно и то, что примерно 40–45 % сырого протеина семян люпина составляют аминокислоты, состав и количество которых обеспечивают ему высокую биологическую ценность и качество белка. Общая сумма незаменимых аминокислот составляет 35–55 % от содержания протеина семян люпина. Целью работы является оценка эффективности предпосевной обработки семян и нормы высева в формировании кормовой продуктивности люпина узколистного. Исследования провели в учебно-научно-производственном комплексе (УНПК) «Агротехнопарк» Удмуртского ГАУ на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Семена перед посевом обрабатывали инокулянтом Ризоторфин (*Rhizobium lupine*) (1 л/т), регулятором роста растений Мелафен (5 мл/т), комплексным удобрением Agree's Форсаж (2 л/т), фунгицидом Максим XL (0,4 л/т), комплексным удобрением Agree's Форсаж совместно с регулятором роста растений Мелафен, фунгицидом Максим XL совместно с регулятором роста растений Мелафен, фунгицидом Максим XL совместно с комплексным удобрением Agree's Форсаж. В качестве контроля – вариант без обработки. Норма высева 1,0 млн, 1,2 млн, 1,4 млн шт./га всхожих семян. Исследованиями за три года доказано повышение кормовой продуктивности люпина узколистного при применении инокулянта Ризоторфин, комплексного удобрения Agree's Форсаж, регулятора роста растения Мелафен, фунгицида Максим XL и их баковых смесей. Наибольший выход обменной энергии 23,1 ГДж/га и сбор сырого протеина 0,57 т/га обеспечивают предпосевная обработка семян комплексным удобрением Agree's Форсаж и посев нормой 1,2 млн шт./га всхожих семян.*

**Ключевые слова:** люпин узколистный, сырой протеин, обменная энергия, предпосевная обработка семян, норма высева.

**Для цитирования:** Кормовая продуктивность люпина узколистного в зависимости от предпосевной обработки семян и нормы высева / Т. Н. Рябова, А. В. Ястребова, С. И. Коконев, А. В. Мильчакова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(75). С. 4-9. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_4-9](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_4-9).

**Введение.** Решить проблему кормового белка возможно за счёт расширения ассортимента зерновых бобовых культур. Растительный белок относительно дешевле, чем животный белок. **Зерновые бобовые культуры играют особенную роль в получении качественных кормов с высоким содержанием белка.** Одной из таких культур является люпин. Все виды люпина обладают высокой азотфиксирующей способностью среди однолетних бобовых трав, при оптимальном развитии растений они фиксируют около 160–180 кг/га атмосферного азота. Предпосевная обработка семян с эффективными штаммами клубеньковых бактерий в благоприятных условиях

может увеличить количество усвоенного азота до 400 кг/га [4].

Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.), называемый также синим люпином, один из трех культивируемых в Российской Федерации видов рода *Lupinus*. Наряду с люпином белым (*L. albus* L.) и люпином желтым (*L. luteus* L.) это ценная зернобобовая культура, в семенах которой содержится 30–40 % белка, до 40 % углеводов, 6 % масла, множество минеральных веществ, витаминов и других ценных ингредиентов, что ставит этот вид в ряд важнейших сельскохозяйственных культур. Люпин узколистный – исторически древняя культура, но создание кормовых сортов

с измененными мутантными генами, пригодными для использования в сельскохозяйственном производстве, начато лишь во второй половине XX века [1, 8].

Белок люпина отличается высоким качеством, сбалансирован по аминокислотному составу, обладает хорошей усвояемостью, так как в нем нет таких антипитательных веществ, как ингибиторы трипсина и химотрипсина. Современные сорта малоалкалоидны [2, 7].

Одним из основных факторов, лимитирующих продуктивность узколистного люпина, являются болезни. Самой опасной и вредоносной болезнью является антракноз (*Colletotrichum lupini* Von). В эпифитотийные годы антракноз приводит к значительному снижению урожая или его полной потере. На сегодняшний день отсутствуют сорта узколистного люпина с абсолютной устойчивостью к данной болезни, поэтому возделывать его в зонах с теплым и влажным климатом и получать высокие урожаи семян без применения средств защиты невозможно [9].

Эффективность протравливания семян в разных почвенно-климатических условиях доказана рядом авторов [11, 12, 13]. В опытах Л. И. Пимохова [10] установила высокую биологическую эффективность (100 %) против антракноза фунгицида Тирада СК нормой 1,5 и 2,0 л/т. Наибольшая общая всхожесть (99,6 %) и количество семян с сильными проростками (90,4 %) отмечены в варианте с дозой 1,5 л/т. При этом достоверно увеличилась длина корней и гипокотилия проростков на 18,0 и 1,0 % соответственно. В среднем биологическая эффективность протравителя против семенной инфекции антракноза составила 94,3 %. К фазе блестящего боба количество пораженных бобов равнялось 5,7 % при 26,4 % в контроле. Поражение растений фузариозом снизилось от 18,7 % в контроле до 11,8 % в опыте, ризоктонией – от 9,8 до 2,8 %. Распространение на бобах серой и белой гнили сократилось в 2,4 и 2,8 раза соответственно. Всхожесть семян достоверно увеличилась на 8,1 %, сохранность продуктивных растений к уборке повысилась на 35,3 %. Достоверная прибавка урожая семян составила 0,82 т/га, окупаемость затрат – 7,15 руб.

Особое внимание уделяют формированию оптимальной плотности продуктивного стеблестоя. Установлено, что уровень урожайности на 50 % зависит от плотности продуктивного стеблестоя, на 25 % – от числа зерен

и на 25 % – от массы 1000 зерен. Оптимальная плотность продуктивного стеблестоя зависит от вида культуры, сорта и агроэкологических условий (плодородие почвы, поступление света и тепла, влагообеспеченность и т.д.). Оптимальная площадь питания создает наилучшие условия для роста и развития растений, полного проявления всех ценных наследственных задатков. Используемые оптимальные нормы высева могут влиять на полевую всхожесть и выживаемость растений. В исследованиях, проведенных с горохом, было установлено, что реакция генотипов на различную плотность посева не однозначна. С увеличением нормы высева в ценозе усиливается конкуренция, и в результате наблюдалось снижение полевой всхожести и выживаемости растений, а в некоторых опытах влияние нормы высева не выявлено, существенной зависимости полевой всхожести нет. При пониженных нормах высева гороха посевного показатели повышаются на 1–2 % [3, 6].

Анализ научной литературы показал недостаточность исследований возделывания люпина узколистного в условиях Среднего Предуралья, что и определяет актуальность темы.

**Целью работы** является оценка эффективности предпосевной обработки семян и нормы высева в формировании кормовой продуктивности люпина узколистного.

**Методика исследований.** Место проведения полевых исследований – учебно-научно-производственный комплекс (УНПК) «Агротехнопарк» Удмуртского ГАУ. Почва опытных участков дерново-подзолистая среднесуглинистая со следующей агрохимической характеристикой: пахотный слой почвы характеризовался низким и средним содержанием гумуса (1,8–2,3 %), содержание подвижного фосфора – высокое и очень высокое (193–282 мг/кг), подвижного калия – высокое и очень высокое (200–272 мг/кг). Обменная кислотность почвы – от среднекислой до нейтральной реакции  $pH_{KCl}$  (5,0–5,6).

Опыт закладывался согласно методике полевого опыта [5]. Семена перед посевом обрабатывали инокулянтom Ризоторфин (*Rhizobium lupine*) (1 л/т), регулятором роста растений Мелафен (5 мл/т), комплексным удобрением Agree's Форсаж (2 л/т), фунгицидом Максим XL (0,4 л/т), комплексным удобрением Agree's Форсаж совместно с регулятором роста растений Мелафен, фунгицидом Максим XL совместно с регулятором роста растений Мелафен, фунгицидом Максим XL совместно с комплексным



удобрением Agree's Форсаж. В качестве контроля – вариант без обработки. Норма высева 1,0 млн, 1,2 млн, 1,4 млн шт./га всхожих семян.

**Результаты исследований.** История создания кормового узколистного люпина насчитывает всего несколько десятилетий. В то же время достигнуты значительные результаты и реализована программа по выведению сортов, устойчивых к растрескиванию бобов и осыпанию семян на корню, обладающих комплексом других ценных хозяйственно-биологических свойств: скороспелостью, толерантностью к грибным и вирусным болезням, стабильной продуктивностью, пониженным содержанием алкалоидов, для которых в условиях Среднего Предуралья не разработана технология возделывания. Применение различных препаратов, содержащих комплексы макро- и микроэлементов, росторегулирующие вещества, фунгицид-протравитель и инокулянт, оказало существенное влияние на формирование кормовой питательности люпина узколистного. В вариантах с применением комплексного удобрения Agree's Форсаж концентрация обменной энергии увеличилась до 13,0 МДж/кг, что соответствует требованиям 1-го класса качества по ГОСТ Р 54632-2011 «Люпин кормовой». В остальных вариантах полученное зерно сортов люпина узколистного по концентрации обменной энергии 12,7–12,9 МДж/кг соответствовало требованиям 2-го класса качества ГОСТ Р 54632-2011 «Люпин кормовой» – не менее 12,5 МДж/кг (рис. 1). По концентрации

сырого протеина в зерне люпин узколистный в изучаемых вариантах соответствовал требованиям лишь 3-го класса качества. В вариантах с обработкой семян перед посевом регулятором роста растения Мелафен и комплексным удобрением Agree's Форсаж отмечена тенденция повышения концентрации сырого протеина. Наибольшее содержание сырого протеина 33,0 % было при предпосевной обработке семян комплексным удобрением совместно с регулятором роста растений и посеве нормой высева 1,2 млн шт./га всхожих семян.

В среднем за три года исследований максимальный выход обменной энергии 23,1 ГДж/га обеспечили обработка семян перед посевом комплексным удобрением и посев нормой высева 1,2 млн шт./га всхожих семян (рис. 2).

Исследованиями установлено, что предпосевная обработка семян повышает выход обменной энергии на 2,5–8,5 ГДж/га относительно посевов без обработки семян при НСР<sub>05</sub> главных эффектов фактора А = 1,0 ГДж/га. Высокую эффективность получили при использовании комплексного удобрения Agree's Форсаж, а также его совместное применение с регулятором роста растений Мелафен и фунгицидом Максим XL, о чем свидетельствует максимальный выход обменной энергии 20,0–21,0 ГДж/га.

Посев люпина узколистного нормой высева 1,0 млн шт./га всхожих семян привел к существенному снижению выхода обменной энергии на 2,0–6,1 ГДж/га независимо от применения препаратов при НСР<sub>05</sub> частных различий фактора В = 1,9 ГДж/га.

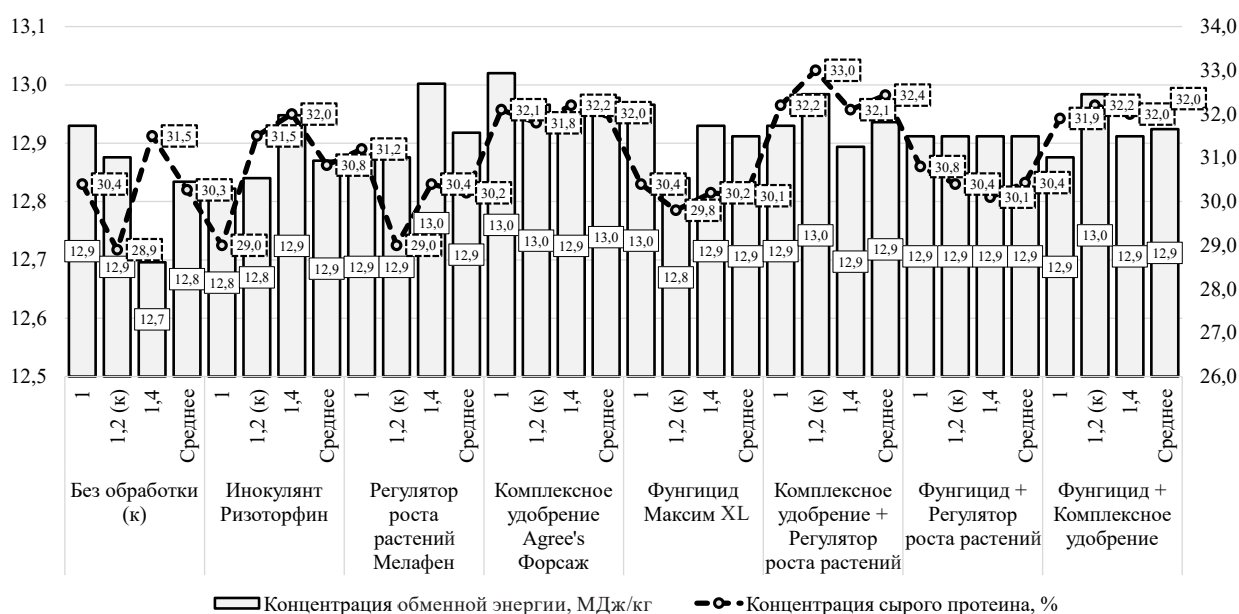
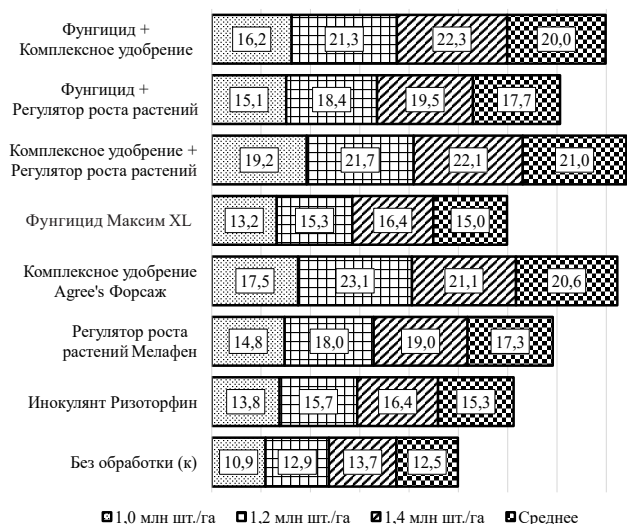


Рисунок 1 – Кормовая питательность зерна люпина узколистного в зависимости от предпосевной обработки семян и нормы высева



НСР <sub>05</sub>	частных различий	главных эффектов
A	1,7	1,0
B	1,9	0,7

Рисунок 2 – Выход обменной энергии с зерном люпина узколистного в зависимости от предпосевной обработки семян и нормы высева, ГДж/га

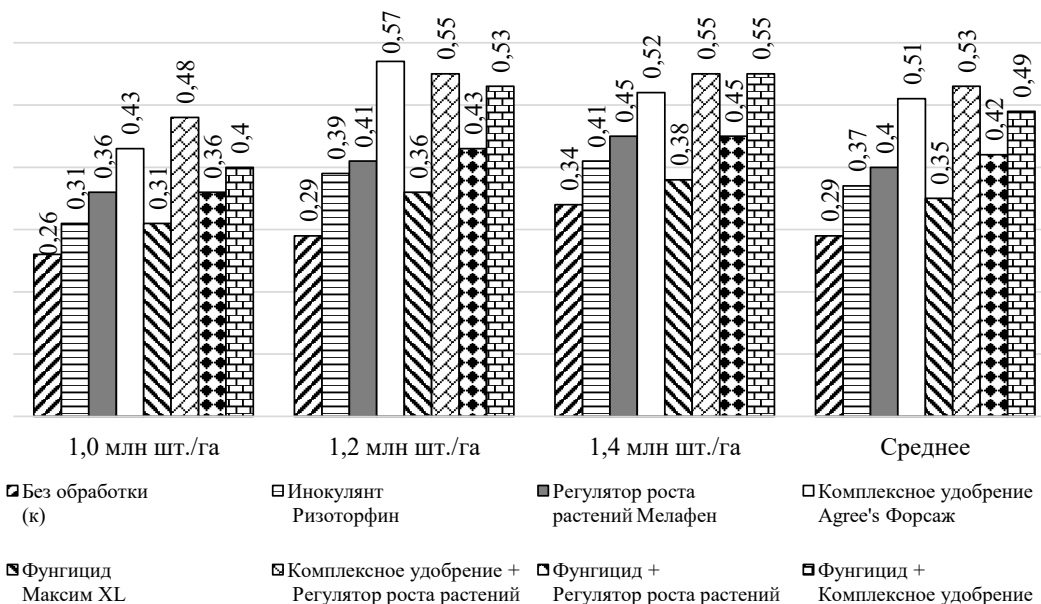
На рисунке 3 представлена информация по сбору протеина зерном люпина узколистного при разных вариантах обработки семян перед посевом и норме высева.

Примерно 40–45 % сырого протеина семян люпина составляют аминокислоты, состав и количество которых обеспечивают ему высо-

кую биологическую ценность и качество белка. Общая сумма незаменимых аминокислот составила 35–55 % от протеина семян люпина.

Исследованиями доказано, что предпосевная обработка семян комплексным удобрением, регулятором роста растений, фунгицидом и инокуляция повышают сбор сырого протеина. Прибавка 0,05–0,23 т/га существенна при НСР<sub>05</sub> главных эффектов фактора А = 0,02 т/га. Максимальный сбор сырого протеина 0,52–0,57 т/га обеспечила предпосевная обработка семян комплексным удобрением Agree's Форсаж и его применение совместно с регулятором роста растений и фунгицидом и посев нормой 1,2–1,4 млн шт./га всхожих семян, что существенно выше сбора сырого протеина в других вариантах при НСР<sub>05</sub> частных различий фактора А = 0,05 т/га.

**Заключение.** Исследованиями доказано повышение кормовой продуктивности люпина узколистного при использовании инокулянта Ризоторфин, комплексного удобрения Agree's Форсаж, регулятора роста растения Мелафен, фунгицида Максим XL и их баковых смесей. Наибольший выход обменной энергии 23,1 ГДж/га и сбор сырого протеина 0,57 т/га обеспечивают предпосевная обработка семян комплексным удобрением Agree's Форсаж и посев нормой 1,2 млн шт./га всхожих семян.



НСР <sub>05</sub>	частных различий	главных эффектов
A	0,04	0,02
B	0,05	0,02

Рисунок 3 – Сбор сырого протеина с зерном люпина узколистного в зависимости от предпосевной обработки семян и нормы высева, т/га



**Список источников**

1. Агеева П. А., Почутина Н. А., Матюхина М. В. Люпин узколистный – источник ценных питательных веществ для использования в кормопроизводстве // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 29–32.

2. Ведерникова Г. А., Коломейченко В. В. Кормовые достоинства и энергетическая оценка сортов люпина узколистного. Кормопроизводство. 2003. № 6. С. 31–32.

3. Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Сафин Ф. Ф. Влияние способов посева и норм высева на продолжительность вегетации и урожайность зерна гороха в условиях Республики Башкортостан // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (76) С. 72–77.

4. Дебелый Г. А. Зернобобовые культуры в Нечернозёмной зоне РФ. Москва: Немчиновка, НИИ ИСХ ЦРНЗ, 2009. 260 с.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – Москва: Агрпромиздат, 1985. – 351 с.

6. Зеленев А. Н., Зеленев А. А., Бобков С. В. Урожай и качество семян различных по архитектонике листа образцов гороха в зависимости от плотности посева // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4 (24). С. 33–38.

7. Люпин – селекция, возделывание, использование / В. М. Косолапов, Г. Л. Яговенко, М. И. Лукашевич [и др.]. Брянск: Брянское областное полиграфическое объединение, 2020. 304 с.

8. Люпин узколистный – результаты изучения сортов и сортообразцов по адаптивности и комплексу хозяйственно-биологических признаков / П. А. Агеева, Н. А. Почутина, О. М. Громова, Н. М. Зайцева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 2. С. 211–220.

9. Предпосевная обработка семян люпина узколистного против антракноза и других болезней / Л. И. Пимохова, Г. Л. Яговенко, Ж. В. Царапнева, Н. В. Мисникова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 4. С. 22–32.

10. Развитие белой гнили на люпине узколистном (*Lupinus angustifolius* L.) и белом (*Lupinus albus* L.) в одновидовом и смешанном посевах при разных погодных условиях Брянской области / Л. И. Пимохова, Г. Л. Яговенко, Ж. В. Царапнева, Н. В. Мисникова // Сельскохозяйственная биология. 2020. № 6. С. 1257–1267.

11. Ahmad A., Thomas G. J., Barker S. J., MacLeod W. J. Genotype resistance, inoculum source and environment directly influence development of grey leaf spot (caused by *Stemphylium* spp.) and yield loss in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) // Crop and Pasture Science. 2015. Vol. 67. N 1. P. 81–90.

12. Taylor J. L., De Angelis G., Nelson M. N. How have narrow-leaved lupin genomic resources enhanced our understanding of lupin domestication? // The Lupin Genome. **Compendium of Plant Genomes Cham. Springer**, 2020. P. 95–108.

13. Trivedi Sh., Srivastava M. N., Srivastava A. K., Ratan V., Shahid Mo., Singh An., Pandey S., Dixit S., Srivastava Y. K. Status of root and foliar fungal diseases of pulses at different agro-climatic zones of Uttar Pradesh, India // **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. 2017. Vol. 6. N 11. P. 152–165.

**References**

1. Ageeva P. A., Pochutina N. A., Matyuhina M. V. Lyupin uzkolistnyj – istochnik cennyh pitatel'nyh veshchestv dlya ispol'zovaniya v kormoproizvodstve // Kormoproizvodstvo. 2020. № 10. S. 29–32.

2. Vedernikova G. A., Kolomejchenko V. V. Kormovye dostoinstva i energeticheskaya ocenka sortov lyupina uzkolistnogo. Kormoproizvodstvo. 2003. № 6. S. 31–32.

3. Davletov F. A., Gajnullina K. P., Safin F. F. Vliyanie sposobov poseva i norm vyseva na prodolzhitel'nost' vegetacii i urozhajnost' zerna goroha v usloviyah Respubliki Bashkortostan // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 2 (76) S. 72–77.

4. Debelyj G. A. Zernobobovye kul'tury v Nechernozymnoj zone RF. Moskva: Nemchinovka NIISKH CRNZ, 2009. 260 s.

5. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta. – Moskva: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

6. Zelenov A. N., Zelenov A. A., Bobkov S. V. Urozhaj i kachestvo semyan razlichnyh po arhitektonike lista obrazcov goroha v zavisimosti ot plotnosti poseva // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2017. № 4 (24). S. 33–38.

7. Lyupin – selekciya, vzdelyvanie, ispol'zovanie / V. M. Kosolapov, G. L. Yagovenko, M. I. Lukashevich [i dr.]. Bryansk: Bryanskoe oblastnoe poligraficheskoe ob'edinenie, 2020. 304 s.

8. Lyupin uzkolistnyj – rezul'taty izucheniya sortov i sortoobrazcov po adaptivnosti i kompleksu hozyajstvenno-biologicheskikh priznakov / P. A. Ageeva, N. A. Pochutina, O. M. Gromova, N. M. Zajceva // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. T. 23. № 2. S. 211–220.

9. Predposevnaya obrabotka semyan lyupina uzkolistnogo protiv antraknoza i drugih boleznej / L. I. Pimohova, G. L. Yagovenko, Zh. V. Carapneva, N. V. Misnikova // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2021. T. 51. № 4. S. 22–32.

10. Razvitie belo j gnili na lyupine uzkolistnom (*Lupinus angustifolius* L.) i belom (*Lupinus albus* L.) v odnovidovom i smeshannom posevah pri raznyh pogodnyh usloviyah Bryanskoy oblasti / L. I. Pimohova, G. L. Yagovenko, Zh. V. Carapneva, N. V. Misnikova // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2020. № 6. S. 1257–1267.

11. Ahmad A., Thomas G. J., Barker S. J., MacLeod W. J. Genotype resistance, inoculum source and environment directly influence development of grey leaf spot (caused by *Stemphylium* spp.) and yield loss in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) // Crop and Pasture Science. 2015. Vol. 67. N 1. P. 81–90.

12. Taylor J. L., De Angelis G., Nelson M. N. How have narrow-leaved lupin genomic resources enhanced our understanding of lupin domestication? // The Lupin

Genome. Compendium of Plant Genomes Cham. Springer, 2020. P. 95–108.

13. Trivedi Sh., Srivastava M. N., Srivastava A. K., Ratan V., Shahid Mo., Singh An., Pandey S., Dixit S.,

Srivastava Y. K. Status of root and foliar fungal diseases of pulses at different agro-climatic zones of Uttar Pradesh, India // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2017. Vol. 6. N 11. P. 152–165.

### Сведения об авторах:

**Т. Н. Рябова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-6458-5939>;

**А. В. Ястребова** <sup>✉</sup>, соискатель, <https://orcid.org/0000-0001-5338-0252>;

**С. И. Коконев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-7201-3909>;

**А. В. Мильчакова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-0865-6234>

Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, Россия, 426069

<sup>✉</sup>yastrebova.alena@yandex.ru

Original article

## FEEDING PRODUCTIVITY OF NARROW-LEAVED LUPINE DEPENDING ON PRE-SOWING SEED TREATMENT AND SEEDING RATE

**Tatyana N. Ryabova, Alena V. Yastrebova** <sup>✉</sup>, **Sergey I. Kokonov, Anna V. Milchakova**

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>✉</sup>yastrebova.alena@yandex.ru

**Abstract.** Grain legume crops are of great significance in obtaining feeds of high quality with high protein content. It is also very important that approximately 40–45 % of the crude protein of lupine seeds are amino acids, and their composition and quantity provide high biological value and protein quality. The total amount of essential amino acids is 35–55 % of the lupine seed protein. The aim of the work is to evaluate the effectiveness of pre-sowing seed treatment and seeding rates for the feeding productivity of narrow-leaved lupine. The research was carried out in the Educational Scientific and Industrial Complex (Agrotechnopark) of Udmurt SAU on the sod-podzolic middle loamy soils. Before sowing the seeds were treated with the inoculant Rizotorfin (*Rhizobium lupine*) (1 l/t), the plant growth regulator Melafen (5 ml/t), the complex fertilizer Agree's Forsazh (2 l/t), the fungicide Maksim XL (0.4 l/t), the complex fertilizer Agree's Forsazh together with the plant growth regulator Melafen, the fungicide Maksim XL together with the plant growth regulator Melafen, the fungicide Maksim XL together with complex fertilizer Agree's Forsazh. The control variant was without any treatment. The seeding rate was 1.0 million, 1.2 million, 1.4 million pcs/ha of germinating seeds. A three year study has proven an increase in feeding productivity of narrow-leaved lupine when applying the inoculant Rizotorfin, the complex fertilizer Agree's Forsazh, the plant growth regulator Melafen, the fungicide Maksim XL and their tank mixtures. The highest yield of metabolic energy of 23.1 GJ/ha and crude protein harvest of 0.57 t/ha are ensured by pre-sowing seed treatment with Agree's Forsazh complex fertilizer and sowing at a rate of 1.2 million pcs/ha of germinating seeds.

**Key words:** narrow-leaved lupine, crude protein, metabolic energy, pre-sowing seed treatment, seeding rate.

**For citation:** Ryabova T. N., Yastrebova A. V., Kokonov S. I., Milchakova A. V. Feeding productivity of narrow-leaved lupine depending on pre-sowing seed treatment and seeding rate. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 3(75): 4-9. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_4-9](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_4-9).

### Authors:

**T. N. Ryabova**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-6458-5939>;

**A. V. Yastrebova** <sup>✉</sup>, applicant, <https://orcid.org/0000-0001-5338-0252>;

**S. I. Kokonov**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-7201-3909>;

**A. V. Milchakova**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-0865-6234>

Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya st., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>✉</sup>yastrebova.alena@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 15.05.2023; одобрена после рецензирования 24.08.2023; принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 15.05.2023; approved after reviewing 24.08.2023; accepted for publication 18.09.2023.



Научная статья

УДК 633.31:631.526.32(574.2)

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_3\_10-16

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

Островский Виктор Алексеевич<sup>1</sup>, Коконов Сергей Иванович<sup>2</sup>✉,  
Рябова Татьяна Николаевна<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ТОО «НПЦЗХ им. А. И. Бараева», Республика Казахстан

<sup>2,3</sup>Удмуртский ГАУ, Россия

<sup>2</sup>sergej-kokonov@yandex.ru

**Аннотация.** Люцерна играет очень важную роль в решении задач кормопроизводства, так как это едва ли не единственная культура, повышающая плодородие почвы и успешно выращиваемая как на богарных, так и на орошаемых землях. Целью исследований является определение сортовых особенностей формирования семенной продуктивности люцерны изменчивой в аридных условиях Северного Казахстана. Исследования проводили на базе стационарных полевых опытов, заложенных в Научно-производственном центре зернового хозяйства им. А. И. Бараева Республики Казахстан. Почва опытного участка – это малогумусный южный карбонатный чернозем, который характеризуется высоким содержанием карбонатов. Изучали 32 сорта люцерны изменчивой разного эколого-географического происхождения, в том числе 10 сортов казахстанской селекции, 18 сортов российской селекции, 3 сорта канадской селекции и 1 сорт – украинской. Установлено, что сорта Шортандинская 2, Карагандинская 1, Карабалыкская 18, Карабалыкская радуга, Карабалыкская жемчужина, Люция 14, Кокше, Лазурная казахстанской селекции, сорта Уралочка, Находка, Сарга российской селекции выделались формированием наибольшей семенной продуктивности 2,31–2,48 ц/га. Установлено, что уборку сортов люцерны на семена можно начинать уже в первый год пользования, при этом не снижается густота травостоя и их продуктивность в последующие годы использования. Выявлена сортовая реакция люцерны изменчивой при использовании на семенные цели. В четвертый год пользования сорта Муслима, Татарская пастбищная, Флора 7, Флора 4 и Фегах семенную продуктивность снизили на 20–29 % относительно продуктивности в третий год пользования, сорта Заря, Гюзель, Воронежская 6 и Rhizoma – на 34–37 %, сорта Благодать и Надежда – на 40–44 %, сорт Rangelander – на 50 %, что свидетельствует о нецелесообразности использования травостоев четвертого года пользования на семена.

**Ключевые слова:** люцерна изменчивая, урожайность семян, структура урожайности, масса 1000 семян.

**Для цитирования:** Островский В. А., Коконов С. И., Рябова Т. Н. Сравнительная оценка семенной продуктивности сортов люцерны изменчивой в Северном Казахстане // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(75). С. 10-16. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_10-16](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_10-16).

**Актуальность.** При существующих подходах к интенсификации растениеводства большое значение имеет семенная продуктивность многолетних бобовых для их тиражирования и возделывания. Выявлено, что с увеличением потенциальной продуктивности сортов и гибридов сельскохозяйственных культур их устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам заметно снижается. К тому же в последние годы увеличилась частота периодов резких и экстремальных условий погоды, чаще стали появляться такие оценки вегетационных периодов, как «небывалая жара», «необычная засуха» и т.д. [4, 6, 8].

В результате анализа установлены очень высокие положительные корреляции между

параметрами засухоустойчивость – масса 1000 семян ( $r = 0,960 \pm 0,235$ ) и очень высокие отрицательные корреляции между свойствами засухоустойчивость – флавоноиды семян ( $-0,999$ ); высокие положительные корреляции между параметрами зимостойкость – засухоустойчивость ( $r = 0,870 \pm 0,100$ ), зимостойкость – облиственность растений перед 1-м укосом ( $0,820 \pm 0,130$ ), засухоустойчивость – содержание клетчатки в семенах ( $0,790 \pm 0,114$ ) и очень высокие отрицательные корреляции между свойствами засухоустойчивость – каротин семян ( $-0,820$ ). Засухоустойчивость тесно коррелирует с массой 1000 семян ( $r = 0,960 \pm 0,235$ ), содержанием в семенах протеина ( $r = 0,800 \pm 0,109$ ) и клетчатки ( $r = 0,790 \pm 0,114$ ). Поэтому эти показатели мож-

но использовать как один из маркерных признаков при отборе засухоустойчивых форм. При определении засухоустойчивости необходимо дополнительно вести учет продуктивности растений, критерием которых является учет роста и накопление сухого вещества [5, 7].

В связи с этим необходимо уделить особое внимание изучению реакции многолетних бобовых, в том числе люцерны изменчивой на условия внешней среды и выявлению новых перспективных сортов [1, 3, 9, 10].

**Целью исследований** является определение сортовых особенностей формирования семенной продуктивности люцерны изменчивой в аридных условиях Северного Казахстана.

**Методология исследований** была общепринятая [2]. Экспериментальная работа проведена в 2016–2019 гг. на базе стационарных полевых опытов, заложенных в Научно-производственном центре зернового хозяйства им. А. И. Бараева (НПЦЗХ им. А. И. Бараева), который находится в пос. Научный Шортандинского района Акмолинской области, в 60 км от г. Астана, в подзоне засушливых разнотравно-ковыльных степей. Почвенно-климатические условия места проведения научных исследований типичны для сухостепной зоны южной части Северного Казахстана. Почва опытного участка – это малогумусный южный карбонатный чернозем, который характеризуется высоким содержанием карбонатов.

Метеорологические условия в целом по годам исследований были благоприятными для роста и развития сортов люцерны изменчивой. Однако в течение вегетационных периодов температурный режим характеризовался неустойчивостью, а выпавшие атмосферные осадки – неравномерностью распределения их по месяцам, декадам.

Объект исследований: люцерна изменчивая (*Medicago varia Mart.*) и ее одновидовые агроценозы, сформированные согласно схеме опыта, которая включала 32 сорта разного эколого-географического происхождения, в том числе 10 сортов казахстанской селекции, 18 сортов российской селекции, 3 сорта канадской селекции и 1 сорт – украинской (табл. 1).

В качестве стандарта использовали сорт люцерны Райхан селекции НПЦЗХ им. А. И. Бараева, районированный по Акмолинской области Республики Казахстан. Данный сорт обладает следующими достоинствами: среднеспелый тип созревания, отличается зимостойкостью, засухоустойчивостью, устойчив

к поражению болезнями, очень слабо повреждается вредителями семян, высокая конкурентная способность и симбиотическая азотфиксация.

Таблица 1 – Схема опыта в период исследований 2016–2019 гг.

Сорт	Оригинатор
Райхан (st), Шортандинская 2, Люция 14, Лазурная	НПЦЗХ им. А. И. Бараева, Казахстан
Заря, Бибинур, Чишминская 131	ФГБНУ Уфимский ФИЦ РАН, Россия
Гюзель, Муслима, Татарская пастбищная	ФГБНУ «ФИЦ «Казанский научный центр РАН», Россия
Сарга, Уралочка	ФГБНУ «Уральский ФАНИЦ УрО РАН», Россия
Находка, Вега 87	ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса, ГУП МО «Московская селекционная станция»
Благодать	ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса, ГУП МО «Московская селекционная станция», ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», Россия
Флора 4	ФГБНУ Челябинский НИИСХ, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», Россия
Флора 5	ФГБНУ «ФИЦ цитологии и генетики сибирского отделения РАН», ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», Россия
Флора 7, Флора 8, Омская 7	ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», Россия
Воронежская 6	ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса, Россия
Онохойская 6	ФГБНУ «Бурятский НИИСХ», Россия
Надежда	Институт орошаемого земледелия НААН, Украина
Ferax, Rangelander, Rhizoma	Канада
Карагандинская 1	Карагандинский НИИРС, Казахстан
Туркестан 15	Казахский НИИ рисоводства им. И. Жахаева, Казахстан
Карабалыкская 18, Карабалыкская радуга, Карабалыкская жемчужина	Карабалыкская СХОС, Казахстан
Кокше	Кокшетауский филиал НПЦЗХ им. А. И. Бараева, Казахстан

**Результаты исследований.** Исследованиями за четыре года выявлено, что в среднем по опыту урожайность семян сортов люцерны в 2016–2017 гг. сформировалась 2,13–2,16 ц/га. Посевы третьего года пользования образовали урожайность на 11–12 % больше предыдущих лет. Но посевы четвертого года пользования значительно снизили семенную продуктивность на 0,18–0,44 ц/га, или 8–18 % относительно продуктивности посевов первого, второго и третьего годов пользования (табл. 2).

Выявлено, что в период исследований данный показатель был крайне нестабильным. По изменениям семенной продуктивности изучаемых сортов закономерности в основном не выявлено, хотя между сортами были существенные различия.

В 2016 г. наибольшую семенную продуктивность сформировали сорта Сарга, Уралочка, Находка (2,24–2,27 ц/га) российской селекции, Rangelander – канадской селекции (2,26 ц/га), Люция 14 и Лазурная – казахстанской селекции (2,22–2,24 ц/га). Прибавка к урожайности семян стандартного сорта Райхан 0,14–0,19 ц/га существенна при  $НСР_{05} = 0,14$  ц/га.

В 2017 г. сорта Находка, Карагандинская 1, Карабалыкская 18, Карабалыкская радуга, Карабалыкская жемчужина, Люция 14, Лазурная имели существенное преимущество по урожайности семян на 0,23–0,32 ц/га при  $НСР_{05} = 0,23$  ц/га. Следует отметить, что сорт Rangelander канадской селекции, в отличие от предыдущего года, существенно снизил семенную продуктивность на 0,32 ц/га. Аналогично снижением урожайности на 0,24–0,62 ц/га выразилась реакция сортов Заря, Гюзель, Ferax, Rhizoma.

В условиях Северного Казахстана 2018 г. посевы сортов люцерны изменчивой третьего года пользования сформировали семенную продуктивность практически на одном уровне. Существенно выше на 0,18–0,22 ц/га при  $НСР_{05} = 0,18$  ц/га сформировали урожайность сорта Карабалыкская 18, Люция 14, Лазурная. Сорта Татарская пастбищная, Вега 87, Благодать, Флора 5, Флора 8, Онохойская 6, Надежда, Ferax, Rhizoma имели семенную продуктивность ниже на 0,18–0,31 ц/га.

В 2019 г. в посевах четвертого пользования была выявлена значительная вариация (63 %) показателя между сортами. Диапазон урожайности составил от 1,17 ц/га у сорта Rangelander до 2,45 ц/га у сорта Лазурная.

Таблица 2 – Урожайность семян сортов люцерны изменчивой, ц/га

Сорт	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Райхан (st)	2,08	2,19	2,46	2,10	2,21
Заря	2,07	1,86	2,32	1,47	1,93
Гюзель	2,11	1,57	2,37	1,49	1,89
Муслима	2,14	2,17	2,32	1,65	2,07
Чишминская 131	2,11	2,21	2,36	2,13	2,20
Сарга	2,24	2,35	2,50	2,26	2,34
Бибинур	2,07	2,11	2,26	2,03	2,12
Татарская пастбищная	2,13	2,13	2,15	1,73	2,04
Уралочка	2,25	2,36	2,51	2,27	2,35
Находка	2,27	2,42	2,57	2,34	2,40
Шортандинская 2	2,12	2,35	2,50	2,27	2,31
Вега 87	2,04	2,04	2,19	1,99	2,07
Благодать	2,07	2,13	2,18	1,23	1,90
Флора 4	2,13	2,19	2,34	1,80	2,12
Флора 5	2,01	2,07	2,22	1,83	2,03
Флора 8	2,02	2,08	2,23	1,99	2,08
Омская 7	2,08	2,14	2,29	2,06	2,14
Воронежская 6	2,17	1,59	2,39	1,50	1,91
Флора 7	2,11	2,17	2,32	1,86	2,12
Онохойская 6	2,02	2,06	2,21	1,98	2,07
Надежда	2,03	1,77	2,19	1,32	1,83
Ferax	2,11	1,95	2,28	1,63	1,99
Rangelander	2,26	1,87	2,34	1,17	1,91
Rhizoma	2,13	1,78	2,18	1,44	1,88
Карагандинская 1	2,14	2,42	2,56	2,33	2,36
Туркестан 15	2,12	2,25	2,40	2,17	2,24
Карабалыкская 18	2,17	2,45	2,60	2,36	2,40
Карабалыкская радуга	2,14	2,42	2,64	2,34	2,39
Карабалыкская жемчужина	2,13	2,44	2,56	2,33	2,37
Люция 14	2,22	2,51	2,66	2,42	2,45
Кокше	2,12	2,40	2,55	2,32	2,35
Лазурная	2,24	2,53	2,68	2,45	2,48
НСР <sub>05</sub>	0,14	0,23	0,18	0,23	–
Коэффициент вариации (V), %	11	38	22	63	–

Изменение урожайности семян можно обосновать формированием основных показателей ее структуры в разных абиотических условиях (табл. 3, рис. 1).

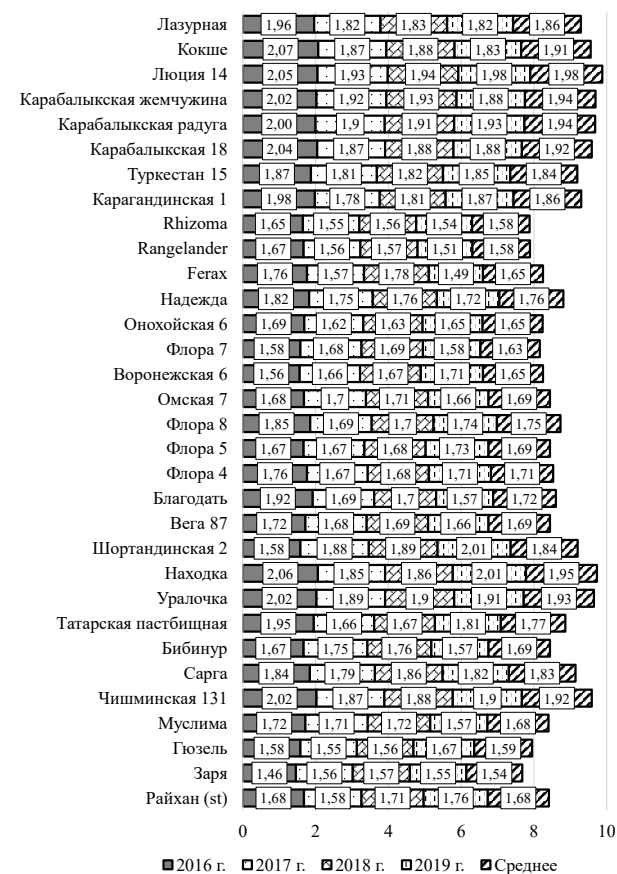


Таблица 3 – Количество бобиков на стебле и семян в бобике сортов люцерны изменчивой, шт.

Сорт	Количество бобиков на стебле					Количество семян в бобике				
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее
Райхан (st)	21,0	23,3	23,1	21,3	22,2	4,0	4,3	4,2	3,8	4,1
Заря	19,1	21,4	20,6	19,1	20,1	3,5	3,5	3,4	3,0	3,4
Гюзель	19,5	21,8	21,1	19,7	20,5	4,1	4,6	4,5	4,1	4,3
Муслима	20,4	18,8	22,0	20,9	20,5	3,7	3,6	3,5	3,1	3,5
Чишминская 131	26,9	29,2	29,3	27,4	28,2	4,2	4,4	4,3	3,9	4,2
Сарга	21,9	24,4	24,5	22,4	23,3	4,1	4,0	3,9	3,5	3,9
Бибинур	19,3	21,6	21,6	19,8	20,6	3,9	4,0	3,9	3,5	3,8
Татарская пастбищная	19,1	21,4	21,4	19,6	20,4	3,9	4,0	3,9	3,5	3,8
Уралочка	23,9	26,2	26,7	24,4	25,3	4,1	4,4	4,3	3,9	4,2
Находка	26,9	29,2	30,2	27,4	28,4	4,3	4,4	4,3	3,9	4,2
Шортандинская 2	23,0	25,3	25,7	23,5	24,4	4,2	4,3	4,2	4,0	4,2
Вега 87	19,4	21,7	20,6	19,9	20,4	3,8	4,1	4,3	3,6	4,0
Благодать	17,4	19,7	18,5	17,9	18,4	3,8	4,1	4,3	3,6	4,0
Флора 4	19,1	19,8	20,3	19,6	19,7	3,7	4,0	4,2	3,5	3,9
Флора 5	19,5	21,8	20,7	20,0	20,5	3,7	4,0	4,2	3,5	3,9
Флора 8	20,4	22,7	21,6	20,9	21,4	3,7	4,0	4,2	3,5	3,9
Омская 7	16,6	18,9	17,6	17,1	17,6	3,6	3,9	4,1	3,4	3,8
Воронежская 6	17,9	20,2	18,9	18,4	18,9	3,6	3,9	4,1	3,4	3,8
Флора 7	18,9	21,2	20,0	19,4	19,9	3,6	3,9	4,1	3,4	3,8
Онохойская 6	19,1	21,4	20,3	19,6	20,1	3,5	3,8	4,0	3,3	3,7
Надежда	18,8	21,1	19,9	19,3	19,8	3,5	3,8	4,0	3,3	3,7
Feгах	20,4	22,7	21,6	20,9	21,4	3,5	3,8	4,0	3,3	3,7
Rangelander	17,9	18,3	19,0	18,4	18,4	3,5	3,8	4,0	3,3	3,7
Rhizoma	21,9	24,2	23,2	22,4	22,9	3,4	3,7	3,9	3,2	3,6
Карагандинская 1	21,0	23,3	23,5	21,5	22,3	4,4	4,5	4,3	4,0	4,3
Туркестан 15	19,1	21,4	21,4	19,6	20,4	3,8	4,1	3,9	3,4	3,8
Карабалыкская 18	21,1	23,4	23,6	21,6	22,4	4,2	4,3	4,1	3,8	4,1
Карабалыкская радуга	20,4	22,7	22,3	20,9	21,6	4,3	4,5	4,3	4,0	4,3
Карабалыкская жемчужина	26,9	29,2	29,7	27,4	28,3	4,3	4,4	4,2	3,9	4,2
Люция 14	23,5	25,8	26,4	24,0	24,9	4,4	4,5	4,3	4,0	4,3
Кокше	20,2	22,5	22,7	20,7	21,5	4,0	4,1	3,9	3,6	3,9
Лазурная	22,8	25,1	25,3	23,3	24,1	4,2	4,2	4,2	3,8	4,1
НСР <sub>05</sub>	0,4	0,8	0,7	0,5	–	0,2	0,1	0,1	0,1	–

Определяющими факторами изменчивости урожайности семян сортов люцерны изменчивой были количество бобиков на стебле, семян в бобике и масса 1000 семян. В среднем за четыре года исследований по массе 1000 семян 1,91–1,98 г можно выделить сорта Чиш-

минская 131, Уралочка, Находка, Карабалыкская 18, Карабалыкская радуга, Карабалыкская жемчужина, Люция 14, Кокше. Как известно, данному показателю принадлежит важная роль в реализации урожайных свойств семян.



	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
НСР <sub>05</sub>	0,04	0,03	0,02	0,02

Рисунок 1 – Масса 1000 семян сортов люцерны изменчивой, г

Для определения связи урожайности семян с ее основными составляющими в исследуемые годы провели корреляционный анализ (табл. 4).

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции между урожайностью семян сортов люцерны изменчивой с элементами ее структуры (в среднем за 2016–2019 гг.)

Элементы структуры урожайности	Коэффициент корреляции (r)
Количество бобиков на стебле	0,49*
Количество семян в бобике	0,59*
Масса 1000 семян	0,52*

Примечание: \* – существенно на 5 % уровне значимости.

При корреляционном анализе выявлена положительная средняя связь урожайности семян с количеством бобиков на стебле ( $r = 0,49$ ), количеством семян в бобике ( $r = 0,59$ ) и массой 1000 семян ( $r = 0,59$ ). Связь с семенной продуктивностью и элементами структуры урожайности существенна при довери-

тельном интервале  $n = 128$  и критерии Стьюдента  $t_{05} = 1,96$ .

**Заключение.** В среднем за 2016–2019 гг. сорта Шортандинская 2, Карагандинская 1, Карабалыкская 18, Карабалыкская радуга, Карабалыкская жемчужина, Люция 14, Кокше, Лазурная казахстанской селекции, сорта Уралочка, Находка, Сарга российской селекции выделялись формированием наибольшей семенной продуктивности 2,31–2,48 ц/га. Установлено, что уборку сортов люцерны на семена можно начинать уже в первый год пользования, при этом не снижается густота травостоев и их продуктивность в последующие годы использования.

Выявлена сортовая реакция люцерны изменчивой при использовании на семенные цели. В четвертый год пользования сорта Муслима, Татарская пастбищная, Флора 7, Флора 4 и Ferax семенную продуктивность снизили на 20–29 % относительно продуктивности в третий год пользования, сорта Заря, Гюзель, Воронежская 6 и Rhizoma – на 34–37 %, сорта Благодать и Надежда – на 40–44 %, сорт Rangelander – на 50 %, что свидетельствует о нецелесообразности использования травостоев четвертого года пользования на семена. Из изучаемых вариантов сорта Карагандинская 1, Карабалыкская 18, Карабалыкская радуга, Карабалыкская жемчужина, Люция 14, Кокше, Лазурная характеризовались увеличением урожайности семян во второй и третий годы пользования на 13–23 %, поэтому данные сорта на семена целесообразно использовать со второго года пользования.

**Список источников**

1. Вотинцев А. И., Коконев С. И., Рябова Т. Н. Формирование урожайности люцерны изменчивой в зависимости от подготовки семян и покровной культуры // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 113–117.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. Москва: Колос, 1985. 416 с.
3. Достижения, приоритетные направления и задачи селекции и семеноводства кормовых культур / З. Ш. Шамсутдинов, Ю. М. Писковацкий, М. Ю. Новоселов [и др.] // Кормопроизводство. 2016. № 8. С. 27–34.
4. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Продуктивность сортов люцерны в зависимости от абиотических условий Среднего Предуралья // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 41–44.
5. Корреляционная зависимость содержания каротина от некоторых признаков у сортообразцов люцерны / Н. А. Серекпаев, Х. Г. Янчева, У. М. Сагалбеков [и др.] // Кормопроизводство. 2015. № 9. С. 14–19.

6. Косолапов В. М. Стратегия селекции люцерны // Актуальные направления селекции и использования люцерны в кормопроизводстве: сб. науч. трудов. Москва: Угрешская типография, 2014. Вып. 4 (52). С. 4–6.

7. Маханова С. К., Ансбаева А. С., Махметова Ж. М. Корреляционные связи между биологическими свойствами, хозяйственными признаками люцерны // Многопрофильный научный журнал "3i: Интеллект, идея, инновация". 2019. № 3. С. 27–31.

8. Основные направления и результаты селекции и семеноводства многолетних трав для условий Центрально-Черноземного региона / И. С. Иванов, И. М. Шацкий, Р. М. Лабинская [и др.] // Кормопроизводство. 2018. № 9. С. 30–35.

9. Рябова Т. Н., Вотинцев А. И., Коконев С. И. Кормовая продуктивность люцерны изменчивой в зависимости от покровной культуры и предпосевной обработки семян // Кормопроизводство. 2020. № 6. С. 16–19.

10. Influence of presowing seed treatment on the yield of variegated alfalfa and eastern galega / S. I. Kokonov, T. N. Ryabova, A. I. Votintsev [et al.] // Plant Science Today. 2021. T. 8. № 2. С. 250–254.

## References

1. Votincev A. I., Kokonov S. I., Ryabova T. N. Formirovanie urozhajnosti lyucerny izmenchivoj v zavisimosti ot podgotovki semyan i pokrovnoj kul'tury // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 3 (83). С. 113–117.

2. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta / B. A. Dospekhov. Moskva: Kolos, 1985. 416 s.

3. Dostizheniya, prioritetye napravleniya i zadachi selekcii i semenovodstva kormovyh kul'tur / Z. Sh. Shamsutdinov, Yu. M. Piskovackij, M. Yu. Novoselov [i dr.] // Kormoproizvodstvo. 2016. № 8. С. 27–34.

4. Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S. Produktivnost' sortov lyucerny v zavisimosti ot abioticheskikh uslovij Srednego Predural'ya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. T. 30. № 4. С. 41–44.

5. Korrelyacionnaya zavisimost' soderzhaniya karotina ot nekotoryh priznakov u sortoobrazcov lyucerny / N. A. Serekpaev, H. G. Yancheva, U. M. Sagalbekov [i dr.] // Kormoproizvodstvo. 2015. № 9. С. 14–19.

6. Kosolapov V. M. Strategiya selekcii lyucerny // Aktual'nye napravleniya selekcii i ispol'zovaniya lyucerny v kormoproizvodstve: sb. nauch. trudov. Moskva: Ugreshskaya tipografiya, 2014. Vyp. 4 (52). С. 4–6.

7. Mahanova S. K., Ansabaeva A. S., Mahmetova Zh. M. Korrelyacionnye svyazi mezhdur biologicheskimi svojstvami, hozyajstvennymi priznakami lyucerny // Mnogoprofil'nyj nauchnyj zhurnal "3i: Intellekt, ideya, innovaciya". 2019. № 3. С. 27–31.

8. Osnovnye napravleniya i rezul'taty selekcii i semenovodstva mnogoletnih trav dlya uslovij Central'no-Chernozemnogo regiona / I. S. Ivanov, I. M. Shackij, R. M. Labinskaya [i dr.] // Kormoproizvodstvo. 2018. № 9. С. 30–35.

9. Ryabova T. N., Votincev A. I., Kokonov S. I. Kormovaya produktivnost' lyucerny izmenchivoj v zavisimosti ot pokrovnoj kul'tury i predposevnoj obrabotki semyan // Kormoproizvodstvo. 2020. № 6. С. 16–19.

10. Influence of presowing seed treatment on the yield of variegated alfalfa and eastern galega / S. I. Kokonov, T. N. Ryabova, A. I. Votintsev [et al.] // Plant Science Today. 2021. T. 8. № 2. С. 250–254.

## Сведения об авторах:

**В. А. Островский**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник;

**С. И. Коконев**<sup>2✉</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-7201-3909>;

**Т. Н. Рябова**<sup>3</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-6458-5939>

<sup>1</sup>ТОО «НПЦЗХ им. А. И. Бараева», ул. Бараева, 15, пос. Научный, Акмолинская обл., Казахстан, 021601

<sup>2,3</sup>Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, Россия, 426069

<sup>2</sup>[sergej-kokonov@yandex.ru](mailto:sergej-kokonov@yandex.ru)

Original article

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF SEED PRODUCTIVITY OF VARIEGATED ALFALFA VARIETIES IN NORTHERN KAZAKHSTAN

**Victor A. Ostrovsky**<sup>1</sup>, **Sergey I. Kokonov**<sup>2✉</sup>, **Tatyana N. Ryabova**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>A. I. Barayev Research and Production Centre for Grain Farming, Nauchniy, Kazakhstan

<sup>2,3</sup>Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>2</sup>[sergej-kokonov@yandex.ru](mailto:sergej-kokonov@yandex.ru)

**Abstract.** Alfalfa has an important function in solving the problems of forage production since it is nearly the only crop that increases soil fertility and is successfully grown both on rain-fed and irrigated lands. The purpose of the research is to determine the varietal features of the formation of seed productivity of alfalfa varieties under the arid conditions of Northern Kazakhstan. The research was carried out on the basis of stationary field experiments



laid down in A. I. Barayev Research and Production Centre for Grain Farming in the Republic of Kazakhstan. The soil of the experimental site was a low-humus southern carbonate black soil, which is characterized by a high content of carbonates. 32 varieties of variegated alfalfa of different ecological and geographical origin were studied, including 10 varieties of Kazakhstan breeding, 18 varieties of Russian breeding, 3 varieties of Canadian breeding and 1 variety of Ukrainian breeding. It has been found that the varieties Shortandinskaya 2, Karagandinskaya 1, Karabalykskaya 18, Karabalykskaya raduga, Karabalykskaya pearl, Lucia 14, Kokshe, Lazurnaya of Kazakhstan selective breeding, varieties Uralochka, Nakhodka, Sarga of Russian selective breeding were distinguished by the highest seed productivity of 2.31–2.48 dt/ha. It has been established that the harvesting of alfalfa varieties for seeds can be started already in the first year of use, while the density of the herbage and their productivity in subsequent years of use do not decrease. The varietal reaction of variegated alfalfa used for seed purposes was revealed. The fourth year of use showed that varieties Muslim, Tatar pasture, Flora 7, Flora 4 and Ferax reduced seed productivity by 20–29 % relatively to productivity in the third year of use, varieties Zarya, Guzel, Voronezhskaya 6 and Rhizoma – by 34–37 %, varieties Blagodat and Nadezhda – by 40–44 %, Rangelander – by 50 %, which indicates the inexpediency of using grass stands of the 4th use for seeds.

**Key words:** variegated alfalfa, seed productivity, structure of crop yield, weight of 1000 seeds.

**For citation:** Ostrovsky V. A., Kokonov S. I., Ryabova T. N. Comparative assessment of seed productivity of variegated alfalfa varieties in Northern Kazakhstan. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 3(75): 10-16. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_10-16](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_10-16).

#### Authors:

**V. A. Ostrovsky**<sup>1</sup>, Senior Researcher;

**S. I. Kokonov**<sup>2✉</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-7201-3909>;

**T. N. Ryabova**<sup>3</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-6458-5939>

<sup>1</sup>A. I. Barayev Research and Production Centre for Grain Farming, 15 Barayeva st., Nauchny settlement, Akmol region, Kazakhstan, 021601

<sup>2,3</sup>Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya st., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>2</sup>[sergej-kokonov@yandex.ru](mailto:sergej-kokonov@yandex.ru)

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 15.05.2023; одобрена после рецензирования 07.09.2023; принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 15.05.2023; approved after reviewing 07.09.2023; accepted for publication 18.09.2023.

## ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ МОЛОДНЯКА И МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ВЕРБЛЮДИЦ ПОРОДЫ КАЗАХСКИЙ БАКТРИАН (*CAMELUS BACTRIANUS*)

Баймуканов Дастанбек Асылбекович<sup>1✉</sup>, Баймуканов Айдар Дастанбекулы<sup>2</sup>,  
Демин Владимир Александрович<sup>3</sup>, Юлдашбаев Юсупжан Артыкович<sup>4</sup>,  
Бекенов Даурен Маратович<sup>5</sup>, Батанов Степан Дмитриевич<sup>6</sup>,  
Каргаева Макпал Темирхановна<sup>7</sup>

<sup>1</sup>ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии», Астана, Казахстан

<sup>2,5,7</sup>ТОО «Учебный научно-производственный центр Байсерке-Агро»,  
Алматинская область, Казахстан

<sup>3,4</sup>Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, Москва, Россия

<sup>6</sup>Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

<sup>1</sup>dbaimukanov@mail.ru

**Аннотация.** Верблюды породы казахский бактриан в условиях естественных пастбищ хорошо развиваются и на максимально высоком уровне проявляют свои продуктивные и репродуктивные качества. Целью исследования было проанализировать биологические особенности постэмбрионального развития молодняка верблюдов и установить основные закономерности формирования молочной продуктивности верблюдиц породы казахский бактриан (*Camelus bactrianus*). Объектом исследований служил молодняк и маточное поголовье верблюдиц породы казахский бактриан, разводимых в условиях Прибалхашской зоны Казахстана. От рождения до 18-месячного возраста самцы превосходят в развитии самок как по промерам тела, так и по живой массе. Увеличение количественных параметров организма определяется интенсивностью роста. В наших исследованиях среднесуточные приросты за учетный период у молодняка варьировали от 220,4 г до 977,1 г у самцов, а у самок – от 217,1 г до 907,9 г. За 18 месяцев у самцов приросты живой массы за сутки в среднем составили 472,4 г, что на 6,8 % больше, чем у самок (442,2 г). Анализ молочной продуктивности маточного поголовья верблюдов разного происхождения показал, что верблюдицы линии Темир бура превосходили своих сверстниц линии Апорт бура по удою за 6 месяцев лактации на 14,7 кг (1,9 %), а по количеству молочного жира – на 1,1 кг (2,2 %). Полученные в онтогенезе данные динамики промеров тела и живой массы молодняка верблюдов рекомендуется использовать в качестве критериев оценки развития чистопородного казахского бактриана. Удой молока у верблюдиц породы казахский бактриан при 2-разовом доении достоверно увеличивается с апреля по июль с последующим снижением молочной продуктивности.

**Ключевые слова:** *Camelus bactrianus*, молодняк верблюдов, рост и развитие, верблюдица, удой, молочный жир.

**Для цитирования:** Постэмбриональное развитие молодняка и молочная продуктивность верблюдиц породы казахский бактриан (*Camelus bactrianus*) / Д. А. Баймуканов, А. Д. Баймуканов, В. А. Демин [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(75). С. 17-25. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_17-25](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_17-25).

**Введение.** Верблюдоводство в Республике Казахстан развивается преимущественно за счет разведения верблюдов породы казахский бактриан [1, 12] в экологически неблагоприятных регионах страны, в аридной и полуаридной климатических зонах, которые в определенной степени соответствуют биоло-

гическим особенностям казахских верблюдов [6, 7, 10].

Верблюды в условиях пустынных пастбищ способны поедать корма, которые являются трудноусвояемыми для молочного скота и лошадей [11, 13, 14], а их продуктивные качества во многом зависят от наличия кормовой базы

и полноценного кормления [8, 15]. Бактрианы в условиях естественных пастбищ хорошо развиваются и на максимально высоком уровне проявляют свои продуктивные и репродуктивные качества. Особенно динамично изменяется экстерьер верблюдов в течение года [3].

В молочном верблюдоводстве хорошо изучена динамика молочной продуктивности верблюдиц в условиях Туркестанской области [4, 9]. Однако до сих пор нет научных данных о закономерностях постэмбрионального развития верблюжат чистопородного казахского бактриана от рождения до 18-месячного возраста. Нет достоверных данных о динамике удоя молока верблюдиц породы казахский бактриан в течение первых 6 месяцев лактации. В связи с этим нами были проведены исследования по анализу степени проявления биологических особенностей верблюдов породы казахский бактриан в условиях их обитания.

**Цель исследования** – проанализировать биологические особенности постэмбрионального развития молодняка верблюдов и установить основные закономерности формирования молочной продуктивности верблюдиц породы казахский бактриан (*Camelus bactrianus*).

**В задачу исследований** входит:

- оценка роста и развития молодняка верблюдов казахский бактриан;
- анализ молочной продуктивности верблюдиц за первые 6 месяцев лактации.

**Объект и методы исследований.** Объектом исследований является молодняк и маточное поголовье верблюдиц породы казахский бактриан, разводимые в условиях Прибалхашской зоны Казахстана. Исследования проведены в ТОО «Учебный научно-производственный центр Байсерке-Агро» Алматинской области в 2021–2023 гг.

Для изучения закономерностей постэмбрионального роста и развития молодняка верблюдов породы казахский бактриан было отобрано 20 голов (2021 года рождения) по принципу пар-аналогов (10 самцов и 10 самок). Исследования проводили с 3-дневного до 18-месячного возраста. Анализ изменения параметров телосложения и массы тела молодняка проводился путем ежемесячного снятия промеров (высота между горбами, косая длина туловища, обхват груди, обхват пясти) и определения живой массы с последующим вычислением среднесуточных приростов. Живую массу молодняка определяли путем взвешивания на стационарных весах с точностью до 1,0 кг, или расчетным способом с использованием возрастного коэффи-

циента согласно Патенту Республики Казахстан на изобретение № 15886 [2].

Для комплексной оценки экстерьера были определены следующие индексы телосложения:

$$\text{Растянутости} = \frac{\text{косая длина туловища}}{\text{высота между горбами}} \times 100\%; \quad (1)$$

$$\text{Широкотелости} = \frac{\text{обхват груди}}{\text{высота между горбами}} \times 100\%; \quad (2)$$

$$\text{Костистости} = \frac{\text{обхват пясти}}{\text{высота между горбами}} \times 100\%; \quad (3)$$

$$\text{Сбитости} = \frac{\text{обхват груди}}{\text{косая длина туловища}} \times 100\%; \quad (4)$$

$$\text{Массивности} = \frac{\text{живая масса}}{\text{высота между горбами}} \times 100\%. \quad (5)$$

Типичность верблюдов породы казахский бактриан определяли согласно действующей инструкции по бонитировке верблюдов [5].

Молочная продуктивность товарного стада верблюдиц изучалась в 2021 г. Для этого были отобраны 30 верблюдиц линии Апорт бура и Темир бура (по 15 голов). Учет молочной продуктивности проводился путем контрольного доения ежемесячно. Практиковали двукратное доение (утром в 7.00 часов и вечером в 21.00 часов). В ходе исследований изучали удой молока (кг) и массовую долю жира в молоке (%). Содержание жира в молоке определяли на приборе Master ECO Milkotester (Milkotester, 2017 г.в., Болгария), Milkoscan FT+, Fossomatic FT+ (компания FOSS electric, Дания). Биометрическую обработку цифровых данных проводили по общепринятой методике вариационной статистики.

**Результаты исследований.** Динамика возрастной изменчивости промеров тела и живой массы верблюжат породы казахский бактриан показала биологически закономерное и равномерное увеличение высоты между горбами, косой длины туловища, обхвата груди, обхвата пясти и живой массы от 3-дневного до 18-месячного возраста (табл. 1).

В онтогенезе молочный период у верблюжат продолжается 12 месяцев. При рождении промеры тела и живая масса у самцов и самок существенно не отличаются. При этом разница была недостоверной и варьировалась в пределах от 2,4 % до 6,9 %. За молочный период (от рождения до 12-месячного возраста) у самцов высота между горбами увеличивается



на 38,8 см, или 35,8 %, косая длина туловища – на 44,3 см, или 67,5 %, обхват груди – на 77,5 см, или 85,8 %, обхват пясти – на 2,6 см, или 20,8 %, живая масса – на 192,8 кг, или 515,5 %. У самок соответственно увеличиваются на 40,1 см (37,9 %), 44,4 см (69,6 %), 72,5 см (84,7 %), 4,3 см (34,4 %), 180,5 кг (512,8 %).

С 12-месячного до 18-месячного возраста отмечается половой диморфизм у молодняка вер-

блюдов породы казахский бактриан. При этом самцы превосходят в развитии самок как по размерам тела, так и по живой массе. В 18-месячном возрасте самцы превосходили самок по высоте между горбами на 4,5 % ( $P < 0,01$ ), косой длине туловища на 5,0 % ( $P < 0,05$ ), обхвату груди на 9,2 % ( $P < 0,001$ ) и живой массе на 9,8 % ( $P < 0,001$ ) соответственно. При этом разница по величине обхвата пясти была недостоверной.

Таблица 1 – Возрастная динамика роста и развития молодняка верблюдов породы казахский бактриан

Возраст, мес.	Промеры тела, см				Живая масса, кг	Среднесуточный прирост, г
	высота между горбами	косая длина туловища	обхват груди	обхват пясти		
Самцы (n = 10)						
При рождении	108,3±2,1	65,6±1,1	90,3±1,7	12,5±0,1	37,4±1,8	-
1	112,6±1,8	68,1±1,6	100,2±2,2	12,7±0,1	58,2±2,1	684,2±12,3
2	119,3±2,4	74,4±1,2	107,7±2,1	12,9±0,1	79,3±2,7	694,1±20,4
3	127,1±1,6	79,2±1,9	118,5±2,6	13,1±0,2	109,0±2,4	977,1±31,6
4	133,4±1,3	84,6±2,1	126,9±3,1	13,3±0,2	121,7±2,9	417,8±18,1
5	136,9±1,1	89,5±2,3	133,3±2,4	13,4±0,1	135,8±3,6	463,8±15,5
6	138,5±1,7	95,8±1,8	145,6±2,7	13,6±0,1	151,4±3,4	513,2±19,8
7	141,5±1,5	101,9±1,5	153,4±2,9	13,7±0,2	163,2±4,5	388,2±11,4
8	142,8±1,6	101,5±1,3	156,8±3,7	14,1±0,1	175,1±5,1	391,4±17,2
9	144,2±1,5	103,6±1,2	160,0±3,3	14,3±0,2	186,9±4,4	388,4±13,3
10	145,9±1,1	105,2±1,8	162,7±2,9	14,5±0,1	201,5±4,1	480,3±18,1
11	146,5±1,6	107,8±1,3	165,1±3,2	14,8±0,2	215,8±5,5	470,4±16,5
12	147,1±1,4	109,9±1,2	167,8±2,7	15,1±0,2	230,2±4,7	473,7±14,8
13	149,2±2,1	113,5±1,9	170,2±4,2	15,4±0,1	243,6±4,2	440,8±11,1
14	151,9±1,2	115,1±1,2	173,1±3,6	15,6±0,2	260,3±6,3	549,3±20,2
15	153,1±1,7	117,7±1,4	177,8±3,5	16,2±0,1	272,5±5,9	401,3±15,3
16	155,7±1,6	118,9±1,2	180,5±3,7	16,6±0,2	279,2±4,1	220,4±8,4
17	158,3±1,2	120,8±1,4	183,1±4,1	16,9±0,1	286,1±3,3	227,1±9,1
18	162,8±1,8**	122,4±1,8*	185,3±3,6***	17,0±0,2	295,8±5,1***	319,1±11,5
Самки (n = 10)						
При рождении	105,8±1,6	63,8±0,8	85,6±1,3	12,5±0,2	35,2±1,1	-
1	109,3±1,5	67,9±1,9	95,4±2,5	12,6±0,1	57,8±2,5	743,4±21,3
2	113,8±1,7	71,3±1,5	103,1±2,3	12,7±0,1	75,9±2,9	595,4±18,1
3	115,6±1,3	75,9±1,8	111,3±2,1	12,8±0,2	103,5±2,1	907,9±27,4
4	122,7±1,4	82,3±1,7	120,5±2,7	12,9±0,2	116,3±2,3	421,1±13,5
5	128,4±1,6	85,6±2,6	128,9±2,3	13,1±0,1	129,4±2,8	434,3±14,3
6	133,5±1,9	92,3±2,2	137,3±2,2	13,3±0,1	143,5±3,1	463,8±18,2
7	137,3±1,8	99,4±1,6	149,2±2,3	13,5±0,1	152,7±3,9	302,6±12,8
8	138,9±1,2	100,2±2,2	150,4±3,1	13,7±0,2	160,8±4,3	266,4±11,9
9	140,1±1,4	102,1±1,9	152,7±2,6	14,1±0,2	171,1±3,9	338,8±14,7
10	141,8±1,6	103,9±2,3	154,4±2,4	14,2±0,1	184,5±3,5	440,8±16,1
11	144,1±1,4	106,6±2,1	156,8±2,6	14,5±0,2	199,6±4,5	496,7±17,4
12	145,9±1,9	108,2±1,7	158,1±2,5	14,9±0,2	215,7±5,2	529,6±17,9
13	148,5±1,2	110,3±2,2	159,2±2,1	15,2±0,2	229,3±4,1	447,4±15,3
14	150,4±1,7	111,8±1,6	161,1±1,9	15,6±0,1	242,6±3,2	437,5±14,2
15	152,1±1,1	113,1±2,1	163,3±2,4	16,0±0,2	255,7±2,9	430,9±11,8
16	153,3±1,7	114,4±1,5	165,6±3,2	16,3±0,2	262,8±3,1	233,6±9,7
17	154,5±1,3	115,2±1,1	166,8±3,3	16,6±0,2	269,4±4,4	217,1±7,5
18	155,8±1,3	116,6±1,2	169,7±2,8	16,8±0,2	277,1±4,5	253,3±8,6

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

Увеличение количественных параметров организма определяется интенсивностью роста. В наших исследованиях среднесуточные приросты за учетный период у молодняка варьировали от 220,4 г до 977,1 г у самцов, а у самок – от 217,1 г до 907,9 г. За 18 месяцев у самцов приросты живой массы за сутки в среднем составили 472,4 г, что на 6,8 % больше, чем у самок (442,2 г).

Индексы телосложения показывают достоверное, биологически закономерное увеличение индекса формата и массивности как у самцов, так и самок верблюдов породы казахский бактриан от рождения до 18-месячного возраста (табл. 2). Индексы костистости и сбитости в различные периоды онтогенеза увеличиваются неравномерно

Таблица 2 – Возрастная динамика индексов телосложения молодняка верблюдов породы казахский бактриан

Возраст	Индексы				
	формата (растянутости)	широкотелости	костистости	сбитости	массивности
Самцы (n = 10)					
При рождении	60,5	83,3	11,5	137,6	29,4
1	60,4	89,0	11,3	147,1	40,8
2	62,4	90,3	10,8	144,8	46,7
3	62,3	93,2	10,3	149,6	53,1
4	63,4	95,1	10,0	150,0	51,2
5	62,4	97,4	9,8	148,9	52,9
6	69,2	105,1	9,8	152,0	57,0
7	72,0	108,4	9,7	150,5	57,6
8	71,0	109,8	9,9	154,5	60,0
9	71,8	111,0	9,9	154,4	62,2
10	72,1	111,5	9,9	154,7	64,9
11	73,6	112,7	10,1	153,2	68,6
12	74,7	114,0	10,3	152,7	74,1
13	76,1	114,1	10,3	150,0	73,4
14	75,7	113,9	10,3	150,4	74,3
15	76,9	116,1	10,8	151,1	75,9
16	76,4	115,9	10,7	151,8	74,0
17	76,3	115,6	10,7	151,6	72,1
18	75,2	113,8	10,4	151,4	68,5
Самки (n = 10)					
При рождении	60,3	80,9	11,8	134,2	29,7
1	62,1	87,3	11,5	140,5	44,3
2	62,6	90,6	11,1	144,6	51,5
3	65,6	96,3	11,1	146,6	67,0
4	67,1	98,2	10,5	146,4	63,0
5	66,6	100,4	10,2	150,6	61,1

Окончание таблицы 2

Возраст	Индексы				
	формата (растянутости)	широкотелости	костистости	сбитости	массивности
6	69,1	102,8	10,0	148,7	60,3
7	72,4	108,6	9,8	150,1	59,0
8	72,1	108,3	9,9	150,1	60,0
9	72,9	109,0	10,1	149,5	62,2
10	73,3	108,9	10,0	148,6	64,7
11	74,0	108,8	10,1	147,1	66,7
12	74,2	108,4	10,2	146,1	69,4
13	74,3	107,2	10,2	144,3	70,0
14	74,3	107,1	10,4	144,1	71,3
15	74,3	107,4	10,5	144,4	72,7
16	74,6	108,0	10,6	144,7	72,9
17	74,7	108,0	10,7	144,8	73,0
18	74,8	108,9	10,8	145,5	73,3

Результаты исследований по изучению возрастной динамики индексов телосложения рекомендуется использовать при мониторинге развития верблюжат от рождения до 18-месячного возраста.

На рисунке 1 отображена динамика среднесуточного удоя верблюдиц линии Апорт бура.

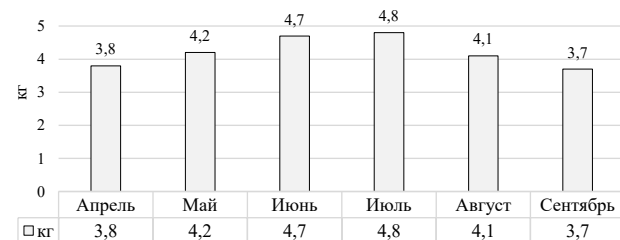


Рисунок 1 – Динамика среднесуточного удоя верблюдиц линии Апорт бура

Значение удоев за первые три месяца лактации (1–3-й месяцы) составило 3,8 кг, 4,2 кг и 4,7 кг среднесуточного удоя, при средней величине этого показателя 4,2 кг. Отмечается закономерное увеличение суточной молочной продуктивности верблюдиц за первые три месяца лактации. Показатели удоев за вторые три месяца лактации (4–6-й месяцы) составили 4,8 кг, 4,1 кг и 3,7 кг среднесуточного удоя, в среднем показатель составил 4,2 кг. Максимально высокое значение суточного удоя отмечено на пятом месяце лактации (июль) и составляет 4,8 кг, далее наблюдается снижение показателей молочной продуктивности верблюдиц.

Согласно данным таблицы 3, удой за первые три месяца лактации (апрель-июнь) у верблюдиц линии Апорт бура составил 114,5 кг, 130,5 кг и 141,0 кг, в среднем 128,5 кг.

Таблица 3 – Молочная продуктивность маточного поголовья верблюдов линии Апорт бура (n = 15)

Месяц года	Параметры	Удой молока, кг		Содержание жира в молоке	
		среднесуточный	за месяц	%	кг
Первые три месяца лактации (1, 2, 3)					
Апрель	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	3,8±0,23	114,5±6,58	5,2±0,06	5,95±0,11
	$\sigma$	0,69	20,8	0,18	0,22
	Cv	18,2	18,2	3,5	16,7
Май	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	4,2±0,26	130,5±7,87	5,2±0,05	6,79±0,09
	$\sigma$	0,81	24,9	0,15	0,19
	Cv	19,2	19,1	2,9	15,4
Июнь	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	4,7±0,25	141,0±7,79	5,1±0,07	7,19±0,12
	$\sigma$	0,82	24,6	0,20	0,25
	Cv	17,4	17,4	4,0	11,3
За три месяца	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	4,2±0,25	386,0±11,41	5,2±0,06	20,1±1,86
Вторые три месяца лактации (4, 5, 6)					
Июль	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	4,8±0,28	148,8±8,69	5,1±0,07	7,6±0,13
	$\sigma$	0,89	27,6	0,22	0,28
	Cv	18,5	18,6	4,3	13,5
Август	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	4,1±0,26	127,1±8,03	5,2±0,06	6,6±0,16
	$\sigma$	0,83	25,39	0,17	0,24
	Cv	20,2	19,9	3,3	16,7
Сентябрь	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	3,7±0,25	111,0±8,05**	5,1±0,06	5,7±0,06
	$\sigma$	0,81	24,2	0,19	0,27
	Cv	21,6	21,7	3,72	18,3
За три месяца	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	4,2±0,26	386,9±8,25	5,1±0,06	19,7±1,62
В среднем за 6 месяцев	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	4,2±0,26	772,9±14,32	5,2±0,06	40,2±3,38

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

За последующие три месяца лактации (июль-сентябрь) показатель составил 148,8 кг, 127,1 кг и 111,0 кг, в среднем 129,1 кг. При этом следует отметить, что пик лактационной деятельности у верблюдиц линии Апорт бура приходится на 3-й и 4-й месяцы лактации с последующим достоверным снижением величины удоя к 6-му месяцу. При этом удой на 6-м месяце лактации был ниже, чем на 4-м месяце, на 38,8 кг (25,4 %, P < 0,01).

Динамика содержания жира в молоке верблюдиц исследуемой группы, представленная на рисунке 2, имеет криволинейный характер.

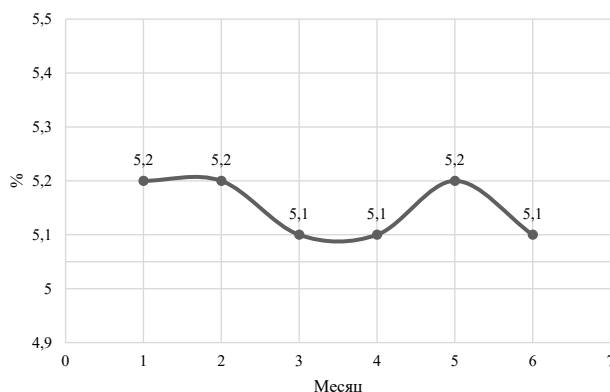


Рисунок 2 – Динамика содержания жира в молоке верблюдиц линии Апорт бура

Наблюдается незначительное снижение жирности молока в июне и июле на 1 п.п. по сравнению с предыдущими месяцами, что связано с увеличением суточных удоев и биологической закономерностью отрицательной корреляционной связи между количественными и качественными параметрами молочной продуктивности. При максимальной величине среднесуточных удоев 4,7 кг и 4,8 кг в июне-июле уровень содержания жира в молоке снизился и составил 5,1 %. Количество молочного жира за первые три месяца лактации было незначительно выше по сравнению с последующим периодом и составило 20,1 кг.

На рисунке 3 отображена динамика среднесуточного удоя линии Темир бура.

Значение параметров молочной продуктивности за первые три месяца лактации 3,9 кг, 4,3 кг и 4,8 кг среднесуточного удоя, в среднем 4,3 кг. Показатели удоев за вторые три месяца лактации составили 5,1 кг, 4,2 кг и 3,8 кг среднесуточного удоя, в среднем 4,4 кг. Максимально высокое значение по показателям удоев приходится на июнь, июль и составляет 4,8 кг и 5,1 кг.

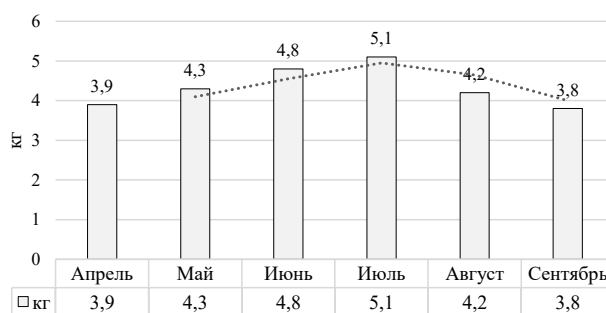


Рисунок 3 – Динамика среднесуточного удоя верблюдиц линии Темир бура



Согласно данным таблицы 4, средний месячный удой за первые три месяца лактации (апрель-июнь) у верблюдиц линии Темир бура составил 117,1 кг, 133,5 кг и 148,6 кг, в среднем 131,6 кг. При этом за три месяца лактации удой составил 381,8 кг молока с содержанием жира 5,1 % и количеством молочного жира 19,5 кг. За последующие три месяца лактации (июль-сентябрь) получено 405,8 кг молока жирностью 5,1 % и количеством молочного жира 20,7 кг. Следует отметить, что не выявлено достоверных различий по показателям молочной продуктивности верблюдиц в первый и второй периоды лактации.

Таблица 4 – Молочная продуктивность маточного поголовья верблюдов линии Темир бура (n = 15)

Месяц	Параметры	Удой молока, кг		Содержание жира в молоке	
		средне-суточный	месячный	%	кг
Первые три месяца лактации (1, 2, 3)					
Апрель	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	3,9±0,23	117,1±6,94	5,2±0,04	6,1±0,08
	$\sigma$	0,73	21,9	0,13	0,16
	$C_v$	18,7	18,9	2,5	17,4
Май	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	4,3±0,25	133,5±7,75	5,1±0,05	6,8±0,11
	$\sigma$	0,79	24,5	0,13	0,18
	$C_v$	18,5	18,4	2,6	16,9
Июнь	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	4,8±0,24	148,6±7,18	5,1±0,06	7,6±0,13
	$\sigma$	0,76	22,7	0,18	0,21
	$C_v$	15,8	15,3	3,4	16,8
За 3 месяца	$\bar{X}$	4,3±0,24	381,8±12,49	5,1±0,05	19,5±1,43
Вторые три месяца лактации (4, 5, 6)					
Июль	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	5,1±0,26	158,2±8,04	5,0±0,05	7,9±0,11
	$\sigma$	0,82	25,4	0,15	0,18
	$C_v$	16,1	9,3	1,6	6,9
Август	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	4,2±0,24	130,2±7,37	5,1±0,07	6,6±0,14
	$\sigma$	0,75	23,3	0,15	0,21
	$C_v$	17,8	17,9	1,4	14,2
Сентябрь	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	3,8±0,22	117,4±6,55	5,2±0,05	6,1±0,16
	$\sigma$	0,69	20,7	0,15	0,19
	$C_v$	18,1	17,6	1,5	13,8
За три месяца	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	4,4±0,24	405,8±7,32	5,1±0,05	20,7±1,74
В среднем за 6 месяцев	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	4,4±0,24	787,6±7,83	5,2	41,1±2,51

Сравнительный анализ молочной продуктивности маточного поголовья верблюдов разного происхождения показал, что верблюдицы линии Темир бура превосходили своих сверстниц линии Апорт бура по удою за 6 месяцев лактации на 14,7 кг (1,9 %), а по количеству молочного жира – на 1,1 кг (2,2 %). При этом разница была недостоверной.

На рисунке 4 отображена динамика содержания жира в молоке верблюдиц линии Темир бура. Наблюдается изменение показателей в пределах от 5,2 % до 5,0 % жирности, связанное с увеличением среднесуточных удоев, а также постепенное выравнивание значений до уровня 5,2 %. За весь период лактации минимальный уровень содержания жира в молоке у верблюдиц линии Темир бура выявлен в июле и составил 5,0 %.

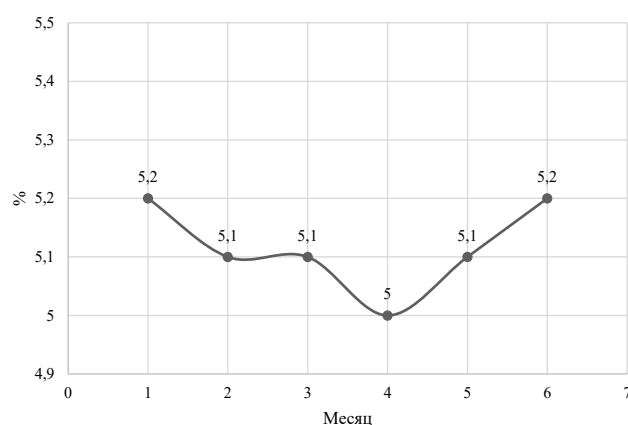


Рисунок 4 – Динамика содержания жира в молоке верблюдиц линии Темир бура

**Выводы.** Полученные в онтогенезе данные динамики промеров тела и живой массы молодняка верблюдов рекомендуется использовать в качестве критериев оценки развития чистопородного казахского бактриана.

Результаты исследования по изучению возрастной динамики индексов телосложения рекомендуется использовать при мониторинге развития верблюжат от рождения до 18-месячного возраста.

Удой молока у верблюдиц породы казахский бактриан при 2-разовом доении достоверно увеличивается с апреля по июль с последующим снижением молочной продуктивности. Полученные данные согласуются с аналогичными исследованиями других авторов [12, 13].

**Сведения о финансировании.** Исследования проведены в 2021–2023 гг. по программе целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан: 1) ИПН BR10765072 «Разработка технологий

эффективного управления селекционным процессом сохранения и совершенствования генетических ресурсов в верблюдоводстве» по мероприятию «Формирование желательных типов верблюдов молочного направления продуктивности в различных зонах развития молочной индустрии в верблюдоводстве».

### Список источников

1. Алибаев Н. Н., Ермаханов М. Н., Абуов Г. С. Концепция развития отрасли верблюдоводства в Республике Казахстан на 2022–2026 гг. // Вестник Тувинского государственного университета. Выпуск 2. Естественные и сельскохозяйственные науки. 2020. № 2 (61). С. 60–71. DOI: 10.24411/2221-0458-2020-10037.

2. Баймуканов А., Баймуканов Д. А. Способ определения живой массы у верблюдов. Патент РК на изобретение № 15886 / А. Баймуканов, Д. А. Баймуканов. Оpubл. 15.08.2008, бюл. № 8. МПК: А01К 67/02. Код ссылки <https://kzpatents.com/3-15886-sposob-professora-bajmukanova-a-i-bajmukanova-da-opredeleniya-zhivojj-massy-u-verblyudov.html>.

3. Болат-оол Ч. К., Монгуш С. Д. Экстерьерные особенности монгольских бактрианов Республики Тыва // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2013. № 13. С. 120–124. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksteriernye-osobennosti-mongolskih-baktrianov-respubliki-tyva>.

4. Динамика молочной продуктивности верблюдов казахстанской популяции / А. Б. Баймуканов, Г. С. Абуов, Н. Н. Алибаев, М. Н. Ермаханов // Материалы Международной научно-практической конференции «Развитие ТувГУ в XXI веке: интеграция образования, науки и бизнеса», посвященной 25-летию Тувинского государственного университета 30 октября 2020 г. (г. Кызыл, 30 октября 2020 г.). Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2020. С. 136–138.

5. Инструкция по бонитировке верблюдов пород бактрианов и дромедаров с основами племенной работы. Астана: МСХ РК, 2014. 28 с.

6. Муратова Н. Р., Бекмухамедов Н. Э. Оценка экологического состояния естественных кормовых угодий Казахстана [Электронный ресурс] // Сельское, лесное и водное хозяйство. Январь 2013. № 1. URL: <http://agro.snauka.ru/2013/01/864> (дата обращения: 10.08.2023).

7. Насиев Б. Н., Маканова Г. Н., Рзаев Н. Факторы деградации кормовых угодий полупустынной зоны // Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан. 2014. № 4 (22). С. 34–36.

8. Натыров А. К., Арилов А. Н. Теоретические и практические аспекты полноценного кормления верблюдов в Калмыкии // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2002. № 6. С. 44–46.

9. Повышение биопотенциала молочной продуктивности верблюдов / Н. Н. Алибаев, В. Г. Семенов,

А. Б. Баймуканов [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. Казань, 2021. Т. 247 (III). С. 11–15. DOI 10.31588/2413-4201-1883-247-3-11-15.

10. Технология выпаса и современное состояние пастбищ / Б. Н. Насиев, Н. Ж. Жанаталапов, А. К. Беккалиев, Н. Усенгалиева // Ғылым және білім. 2018. № 3 (52). С. 3–9.

11. Химический состав и питательность используемых верблюдами кормов в Туркестанской области / А. Баймуканов, Н. Н. Алибаев, З. Т. Есембекова [и др.] // Научный журнал «Доклады НАН РК», (2021). (4), 31–36. DOI: 10.32014/2021.2518-1483.55.

12. Akhmetsadykova S. H., Konuspayeva G., Akhmetsadykov N. Camel breeding in Kazakhstan and future perspectives. Anim Front. 2022 Aug 12;12(4):71-77. DOI: 10.1093/af/vfac048. PMID: 35974781; PMCID: PMC9374522.

13. Alibayev N. N., Baimukanov A., Tuleubayev Zh., Yesembekova Z. T., Ziyaeva G., Abuov G. S., & Yesimbekova A. T. (2021b). Rational way of natural pasture utilization in camel husbandry. Научный журнал «Доклады НАН РК», (1), 34–38. Извлечено от <https://journals.nauka-nanrk.kz/reports-science/article/view/273>.

14. Alibayev N. N., Baimukanov A., Yesembekova Z. T., Ermakhanov M. N., Tuleubayev Zh., Abuov G. S., & Ziyaeva G. (2021a). Palatability of pasture forage and provision of milk dromedary camels in nutrients. Научный журнал «Доклады НАН РК», (1), 14–18. Извлечено от <https://journals.nauka-nanrk.kz/reports-science/article/view/253>.

15. Baimukanov A. B., Semenov V. G., Alibayev N. N., Ermakhanov M. N. and Abuov G. Influence of new feeding technology of milk dromedary camels on their dairy productivity. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 935, International AgroScience Conference (AgroScience-2021) 16 April 2021, Cheboksary Russian Federation. DOI:10.1088/1755-1315/935/1/012020.

### References

1. Alibaev N. N., Ermahanov M. N., Abuov G. S. Konceptiya razvitiya otrasli verblyudovodstva v Respublike Kazahstan na 2022–2026 gg. // Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta. Vypusk 2. Estestvennyye i sel'skohozyajstvennyye nauki. 2020. № 2 (61). S. 60–71. DOI: 10.24411/2221-0458-2020-10037.

2. Bajmukanov A., Bajmukanov D. A. Sposob opredeleniya zhivojj massy u verblyudov. Patent RK na izobretenie № 15886 / A. Bajmukanov, D. A. Bajmukanov. Opubl. 15.08.2008, byul. № 8. MPK: А01К 67/02. Kod ssylki <https://kzpatents.com/3-15886-sposob-professora-bajmukanova-a-i-bajmukanova-da-opredeleniya-zhivojj-massy-u-verblyudov.html>.

3. Bolat-ool Ch. K., Mongush S. D. Ekster'ernye osobennosti mongol'skih baktrianov Respubliki Tyva // Strategiya ustojchivogo razvitiya regionov Rossii. 2013. № 13. S. 120–124. URL: <https://cyberleninka.ru/>

article/n/eksteriernye-osobennosti-mongolskih-baktrianov-respubliki-tyva.

4. Dinamika molochnoj produktivnosti verblyudic kazhastanskoj populyacii / A. B. Bajmukanov, G. S. Abuov, N. N. Alibaev, M. N. Ermahanov // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Razvitie TuvGU v XXI veke: integraciya obrazovaniya, nauki i biznesa», posvyashchennoj 25-letiyu Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta 30 oktyabrya 2020 g. (g. Kyzyl, 30 oktyabrya 2020 g.). Kyzyl: Izd-vo TuvGU, 2020. S. 136–138.

5. Instrukciya po bonitirovke verblyudov porod baktrianov i dromedarov s osnovami plemennoj raboty. Astana: MSKH RK, 2014. 28 s.

6. Muratova N. R., Bekmuhamedov N. E. Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya estestvennyh kormovyh ugodij Kazahstana [Elektronnyj resurs] // Sel'skoe, lesnoe i vodnoe hozyajstvo. Yanvar' 2013. № 1. URL: <http://agro.snauka.ru/2013/01/864> (data obrashcheniya: 10.08.2023).

7. Nasiev B. N., Makanova G. N., Rzaev N. Faktory degradacii kormovyh ugodij polupustynnoj zony // Izvestiya Nacional'noj Akademii nauk Respubliki Kazahstan. 2014. № 4 (22). S. 34–36.

8. Natyrov A. K., Arilov A. N. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty polnocennogo kormleniya verblyudic v Kalmykii // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. 2002. № 6. S. 44–46.

9. Povyshenie biopotenciala molochnoj produktivnosti verblyudov / N. N. Alibaev, V. G. Semenov, A. B. Bajmukanov [i dr.] // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny imeni N. E. Baumana. Kazan', 2021. T. 247 (III). S. 11–15. DOI 10.31588/2413-4201-1883-247-3-11-15.

10. Tekhnologiya vypasa i sovremennoe sostoyanie pastbishch / B. N. Nasiev, N. Zh. Zhanatalapov, A. K. Bekkaliev, N. Usengalieva // Gylym zhene bilim. 2018. № 3 (52). S. 3–9.

11. Himicheskij sostav i pitatel'nost' ispol'zuemyh verblyudami kormov v Turkestanskoj oblasti / A. Bajmukanov, N. N. Alibaev, Z. T. Esembekova [i dr.] // Nauchnyj zhurnal «Doklady NAN RK», (2021). (4), 31–36. DOI: 10.32014/2021.2518-1483.55.

12. Akhmetsadykova S. H., Konuspayeva G., Akhmet-sadykov N. Camel breeding in Kazakhstan and future perspectives. Anim Front. 2022 Aug 12;12(4):71-77. DOI: 10.1093/af/vfac048. PMID: 35974781; PMCID: PMC9374522.

13. Alibayev N. N., Baimukanov A., Tuleubayev Zh., Yesembekova Z. T., Ziyayeva G., Abuov G. S., & Yesimbekova A. T. (2021b). Rational way of natural pasture utilization in camel husbandry. Nauchnyj zhurnal «Doklady NAN RK», (1), 34–38. Izvlecheno ot <https://journals.nauka-nanrk.kz/reports-science/article/view/273>.

14. Alibayev N. N., Baimukanov A., Yesembekova Z. T., Ermakhanov M. N., Tuleubayev Zh., Abuov G. S., & Ziyayeva G. (2021a). Palatability of pasture forage and provision of milk dromedary camels in nutrients. Nauchnyj zhurnal «Doklady NAN RK», (1), 14–18. Izvlecheno ot <https://journals.nauka-nanrk.kz/reports-science/article/view/253>.

15. Baimukanov A. B., Semenov V. G., Alibayev N. N., Ermakhanov M. N. and Abuov G. Influence of new feeding technology of milk dromedary camels on their dairy productivity. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 935, International Agro-Science Conference (AgroScience-2021) 16 April 2021, Cheboksary Russian Federation. DOI:10.1088/1755-1315/935/1/012020.

## Сведения об авторах:

**Д. А. Баймуканов**<sup>1✉</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник отдела животноводства, ветеринарии и оценки качества кормов и молока, <https://orcid.org/0000-0002-4684-7114>;

**А. Д. Баймуканов**<sup>2</sup>, магистр зоотехнии, научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-9669-864X>;

**В. А. Демин**<sup>3</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

заведующий кафедрой коневодства Института зоотехнии и биологии, <https://orcid.org/0000-0001-8923-2892>;

**Ю. А. Юлдашбаев**<sup>4</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

академик РАН, директор Института зоотехнии и биологии, <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>;

**Д. М. Бекенов**<sup>5</sup>, магистр естественных наук и биотехнологии, научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-2244-0878>;

**С. Д. Батанов**<sup>6</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-6662-2414>;

**М. Т. Каргаева**<sup>7</sup>, кандидат биологических наук, научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-7955-6340>

<sup>1</sup>ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии», ул. Кенесары, 40, оф. 1505, Астана, Казахстан, Z10P6B8 (010000)

<sup>2,5,7</sup>ТОО «Учебный научно-производственный центр Байсерке-Агро», ул. Отеген-Батыра, 3, Талгарский район, Алматинская область, Казахстан, 041615

<sup>3,4</sup>Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, д. 49, Москва, Россия, 127434

<sup>6</sup>Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

<sup>✉</sup>[dbaimukanov@mail.ru](mailto:dbaimukanov@mail.ru)

Original article

## POSTEMBRYONIC DEVELOPMENT OF YOUNG ANIMALS AND MILK PRODUCTIVITY OF KAZAKH BACTRIAN FEMALE CAMELS (*CAMELUS BACTRIANUS*)

Dastanbek A. Baimukanov<sup>1✉</sup>, Aidar D. Baimukanov<sup>2</sup>, Vladimir A. Demin<sup>3</sup>, Yusupzhan A. Yuldashbayev<sup>4</sup>, Dauren M. Bekenov<sup>5</sup>, Stepan D. Batanov<sup>6</sup>, Makpal T. Kargayeva<sup>7</sup>

<sup>1</sup>LLP Research and Production Center of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Astana, Kazakhstan

<sup>2,5,7</sup>LLP Baiserke-Agro Educational Research and Production Center, Almaty region, Kazakhstan

<sup>3,4</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

<sup>6</sup>Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>1</sup>dbaimukanov@mail.ru

**Abstract.** *Kazakh Bactrian camels do well in natural pastures and develop their productive and reproductive qualities at the highest possible level. The aim of the study was to analyze the biological features of the postembryonic development of young camels and to establish the main patterns of formation of milk productivity of female camels of the Kazakh Bactrian breed (Camelus bactrianus). The research target was the young and breeding stock of Kazakh Bactrian camels bred in the conditions of the Balkhash zone of Kazakhstan. During the period from the birth to 18 months of age, males are superior to females in the development according to both in body measurements and in live weight. The increase in the quantitative parameters of the body is determined by the intensity of growth. In our studies, the average daily gains during the accounting period in young animals ranged from 220.4 g to 977.1 g in males, and in females from 217.1 g to 907.9 g, respectively. Over 18 months, the average daily weight gain in males was 472.4 g, which is 6.8 % more than in females (442.2 g). The analysis of the milk productivity of the breeding stock of camels of different origins showed that the female camels of the Temir Bura line surpassed their herd mates of the Aport Bura line in milk yield for 6 months of lactation by 14.7 kg (1.9 %), and in the amount of milk fat by 1.1 kg (2.2 %). The data obtained in ontogenesis of the dynamics of body measurements and live weight of young camels are recommended to be used as criteria for assessing the development of purebred Kazakh Bactrian. Milk yield of Kazakh Bactrian female camels with twice-a-day milking significantly increases from April to July, followed by a decrease in milk productivity*

**Key words:** *Camelus bactrianus, young camels, growth and development, female camel, milk yield, milk fat.*

**For citation:** Baimukanov D. A., Baimukanov A. D., Demin V. A., Yuldashbayev Y. A., Bekenov D. M., Batanov S. D., Kargayeva M. T. Postembryonic development of young animals and milk productivity of Kazakh Bactrian female camels (*Camelus bactrianus*). *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 3(75): 17-25. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_17-25](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_17-25).

### Authors:

**D. A. Baimukanov**<sup>1✉</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Department of Animal Husbandry, Veterinary Medicine and Feed and Milk Quality Assessment, <https://orcid.org/0000-0002-4684-7114>;

**A. D. Baimukanov**<sup>2</sup>, Master of Zootechnics, Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-9669-864X>;

**V. A. Demin**<sup>3</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Horse Breeding of the Institute of Animal Science and Biology, <https://orcid.org/0000-0001-8923-2892>;

**Yu. A. Yuldashbayev**<sup>3</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the RAS, Director of the Institute of Animal Science and Biology, <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>;

**D. M. Bekenov**<sup>2</sup>, Master of Natural Sciences and Biotechnology, Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-2244-0878>;

**S. D. Batanov**<sup>4</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-6662-2414>;

**M. T. Kargayeva**<sup>2</sup>, Candidate of Biological Sciences, Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-7955-6340>

<sup>1</sup>LLP Research and Production Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine, office 1505, 40 Kenesary st., Astana, Kazakhstan, 010000 (Z10P6B8)

<sup>2,5,7</sup>LLP Baiserke-Agro Educational Research and Production Center, 3 Otegen Batyr st., Talgar District, Almaty Region, Kazakhstan, 041615

<sup>3,4</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya st., Moscow, Russia, 127550

<sup>6</sup>Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya st., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>1</sup>dbaimukanov@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 02.05.2023; одобрена после рецензирования 30.08.2023; принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 02.05.2023; approved after reviewing 30.08.2023; accepted for publication 18.09.2023.



Научная статья

УДК 636.2:612.12+636.2.087.72

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_3\_26-33

## ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «ACTIVE MIX» VMG 500/600 НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ВИТАМИНОВ В КРОВИ КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК

Куликов Андрей Николаевич<sup>1</sup>✉, Шишкин Александр Валентинович<sup>2</sup>,  
Трошин Евгений Иванович<sup>3</sup>, Васильев Юрий Геннадьевич<sup>4</sup>,  
Санникова Надежда Алексеевна<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

<sup>2</sup>ООО «Производственная компания Ижсинтез-Химпром», Ижевск, Россия

<sup>1</sup>andrey.kulikov.1991@bk.ru

**Аннотация.** Представлены результаты использования новой жидкой кормовой добавки «Active Mix» VMG 500/600, которая давалась нетелям голштинизированной холмогорской породы в период за 2 недели до и 2 недели после отела. При ее создании были применены новые подходы, направленные на повышение усвояемости витаминов и микроэлементов, а также снижение проявлений их антагонизма. Была изучена динамика изменения содержания в крови животных микроэлементов: меди, цинка, кобальта, железа и селена, а также витаминов А, С, Е. Установлено, что она претерпевала изменения, которые можно объяснить протеканием таких физиологических процессов, как отел, продукция молозива и молока. У животных, которым задавалась кормовая добавка, содержание в крови данных витаминов и микроэлементов оказалось выше, чем в контрольной группе. Также оценивалось общее состояние животных, протекание отелов, продукция молозива и молока. До начала эксперимента все нетели имели проявления дефицита микроэлементов и витаминов. В ходе исследования состояние животных подопытной группы нормализовалось, отелы протекали легче, а продукция молозива и молока оказалась выше, чем в контрольной группе (где проявления дефицита витаминов и микроэлементов сохранялись). Содержание белка и жира в молоке коров подопытной группы повысилось. В крови животных подопытной группы содержание металлов-микроэлементов оказалось выше, чем в контрольной. Таким образом, была показана высокая эффективность применения кормовой добавки «Active Mix» VMG 500/600.

**Ключевые слова:** кормовая добавка, хелатные комплексные соединения микроэлементов, витамины, биодоступность, коровы-первотелки.

**Для цитирования:** Влияние использования кормовой добавки «Active Mix» VMG 500/600 на содержание микроэлементов и витаминов в крови коров-первотелок / А. Н. Куликов, А. В. Шишкин, Е. И. Трошин [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(75). С. 26-33. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_26-33](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_26-33).

**Актуальность.** Дефицит витаминов и микроэлементов в организме животных является очень распространенным явлением и связан с их недостаточным содержанием в кормах [5, 12]. Кроме того, он может развиваться или проявиться особенно остро в определенные периоды жизни животных, к которым относится период беременности и отела [3, 10]. Если дефицит витаминов и микроэлементов имеет место в период стельности и позднего сухостоя, он приводит к нарушению развития плода, трудному протеканию отелов и повышению числа осложнений. В дальнейшем также снижается молочная продуктивность [4, 6]. Данную проблему решают, используя витаминно-минеральные кормовые добавки [7, 9, 11]. В последнее время получили

распространение их жидкие варианты, которые могут задаваться животным с водой для выпаживания, в том числе с использованием автоматизированных систем [2, 11]. Они представляют собой водные растворы, содержащие водорастворимые витамины, витаминоподобные вещества и соединения микроэлементов. В ряде случаев используются хелатные комплексные соединения металлов-микроэлементов, биодоступность которых значительно выше, чем у их неорганических солей [5].

В состав некоторых жидких кормовых добавок входят жирорастворимые витамины (вероятно, эмульгированные). Некоторые жидкие кормовые добавки содержат высококалорийные вещества (пропиленгликоль или глицерин).

Можно выделить следующие недостатки подобных кормовых добавок, снижающие эффективность их применения:

1. Все применяемые вещества находятся в составе одной жидкости. При этом многие из них могут вступать друг с другом в нежелательные химические реакции.

2. Витамины и соединения микроэлементов могут проявлять антагонизм.

3. Часто применяются неорганические соли металлов-микроэлементов, которые имеют недостаточную усвояемость. В растворе они могут реагировать с некоторыми веществами с образованием хелатных комплексных соединений, имеющих более высокую биодоступность. Однако при этом может теряться биологическая активность тех веществ, с которыми они вступили в реакцию. Как правило, не используется введение в состав рецептур веществ, способных реагировать с неорганическими солями металлов-микроэлементов с образованием хелатных комплексных соединений с нужными свойствами.

4. Если в составе кормовых добавок и используют комплексоны металлов-микроэлементов, то обычно это происходит без учета их свойств (стабильности, устойчивости к изменению pH, способности реагировать с другими веществами и др.).

5. Эффективное использование в составе таких кормовых добавок нерастворимых в воде веществ (в том числе жирорастворимых витаминов) возможно только при их эмульгировании. Однако достаточно сложно получать эмульсии с нужными свойствами – стабильностью, малым размером мицелл, способностью легко усваиваться в ЖКТ.

Указанные выше проблемы были успешно преодолены в ходе разработки новой жидкой кормовой добавки [1]. При запуске в производство она получила наименование «Active Mix» VMG 500/600.

В ее состав входят нерастворимые в воде витамины А, D, Е и диацетофенонилселенид (ДАФС). В жидкости они присутствуют в виде микроэмульсии. При этом средний размер мицелл не превышает 1 мкм, а в их состав дополнительно введены компоненты, усиливающие всасывание в ЖКТ. Микроэмульсия стабильна при хранении, а также при смешивании кормовой добавки с водой перед использованием.

Дисперсионной средой эмульсии выступает водный раствор глицерина (75 %). При этом глицерин обеспечивает высокую калорийность жидкой кормовой добавки [8]. По нашему мне-

нию, применение глицерина (а не более калорийного пропиленгликоля) должно обеспечить более высокую безопасность кормовой добавки при ее длительном использовании.

Жидкая кормовая добавка также содержит хелатные комплексные соединения металлов-микроэлементов. Для хелатирования применяются нетоксичные вещества, способные легко включаться в метаболические пути организма.

Они подобраны таким образом и в таком соотношении, что в растворе присутствуют комплексные соединения разного состава (с разными лигандами). Реакции их образования являются обратимыми. Поэтому при разложении одного комплексного соединения (в случае изменения условий) сразу же образуется новое. За счет этого ионы (атомы) металлов-микроэлементов оказываются хелатированными при широком диапазоне условий (в том числе при разной величине pH). Это является важным при прохождении кормовой добавки через разные отделы ЖКТ. Как известно, хелатные комплексные соединения усваиваются в ЖКТ лучше, чем неорганические соединения.

В состав кормовой добавки также входят: аскорбиновая кислота, витамины группы В, холин, L-карнитин.

Кормовая добавка была разделена на две жидкости: «Active Mix» VMG-500 и «Active Mix» VMG-600, отличающиеся по своему составу. Они хранятся и даются животным по отдельности. Это было сделано с целью снижения антагонистического влияния используемых веществ, а также предотвращения нежелательных химических реакций между ними.

Рекомендуется использование указанных частей кормовой добавки поочередно с интервалом в 1 сутки.

**Цель работы:** оценка эффективности использования жидкой кормовой добавки «Active Mix» VMG 500/600 для крупного рогатого скота у нетелей в период за 2 недели до отела и 2 недели после него.

#### **Задачи:**

- оценить динамику содержания витаминов и микроэлементов в крови животных при применении кормовой добавки;
- оценить общее состояние коров-первотелок и их молочную продуктивность при использовании кормовой добавки.

**Материал и методы.** Исследование было выполнено на 20 нетелях холмогорской голштинизированной породы в зимне-весенний период. Средняя масса животных состави-

ла  $532,3 \pm 4,5$  кг в 1-й (подопытной) группе и  $533,2 \pm 3,0$  кг во 2-й (контрольной). Животные были разделены на две группы по 10 голов (по принципу пар-аналогов).

Животные из 1-й группы получали кормовую добавку на протяжении 28 дней (2 недели до отела и 2 недели после него). При этом разные части кормовой добавки («Active Mix» VMG-500 и «Active Mix» VMG-600) задавали с чередованием через сутки. За это время животные получили каждую из указанных жидкостей 14 раз в дозе 300 г (250 мл) на голову в сутки. Данные жидкости смешивали с водой и выпаивали индивидуально каждому животному. Животным 2-й группы кормовую добавку не задавали.

Основное кормление в обеих группах было одинаковым, как и условия содержания.

Общее состояние животных оценивали через каждые 7 дней: до начала исследования (0 день), на 7, 14, 21, 28-й дни его выполнения. В эти же дни осуществляли взятие крови.

Также оценивалась молочная продуктивность на протяжении 10 месяцев (305 дней) лактации.

Биохимические исследования крови были выполнены в межфакультетской учебно-научной лаборатории биотехнологии УдГАУ и лаборатории БУ УР «Удмуртский ветеринарно-диагностический центр», в лабораториях, имеющих аттестацию.

Удой оценивался при проведении контрольных доений. Химический состав молока определялся в лаборатории селекционного контроля качества молока ООО «Элита-Сервис» г. Ижевска.

При статистической обработке рассчитывали средние значения показателей и сред-

нее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ). Оценку достоверности различий двух совокупностей осуществляли с использованием непараметрического критерия Вилкоксона – Манна – Уитни.

**Результаты исследования.** До начала исследования у животных имелись характерные признаки недостатка витаминов и микроэлементов: уменьшение мышечной массы в период беременности, нарушения волосяного покрова, болезненность и слабость конечностей, нарушение пищевого поведения, периодическая диарея и атония преджелудков. Отмечалась болезненность суставов и копыт. Кожа была сухой и грубой, со сниженной эластичностью, эпителий отслаивался в виде хлопьев.

В дальнейшем у животных, получавших кормовую добавку, состояние улучшилось, а указанные проявления дефицита витаминов и микроэлементов значительно уменьшились. У животных контрольной группы улучшения не было.

На 13–15-й день исследования произошли отелы. Они протекали значительно легче в подопытной группе. Количество случаев задержки последов в подопытной и контрольной группах составило 1 и 4, а число случаев разрывов родовых путей – 0 и 1 соответственно.

Это может быть обусловлено дополнительным поступлением витаминов и соединений микроэлементов с кормовой добавкой. Кроме того, высокая калорийность кормовой добавки позволяла избежать дефицита энергии в период отела.

Было определено содержание микроэлементов в образцах крови, взятых до начала эксперимента (0 день) и в ходе его выполнения: на 7, 14, 21, 28-й дни (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Содержание микроэлементов в крови животных ( $M \pm \sigma$ ,  $n = 10$ )

День	№ группы	Медь, мкг%	Цинк, мкг%	Железо, мкмоль/л	Кобальт, мкг%	Селен, мкг %
		Референсные интервалы				
		80–120	100–150	17,9–35,8	3,0–5,0	0,036–0,068
0	1	$80,1 \pm 8,4$	$79,4 \pm 7,0$	$33,8 \pm 10,1$	$3,2 \pm 0,7$	$0,035 \pm 0,002$
	2	$97,4 \pm 15,8$	$74,1 \pm 6,4$	$30,9 \pm 2,6$	$3,8 \pm 0,7$	$0,034 \pm 0,003$
7	1	$93,8 \pm 6,2^{**}$	$93,1 \pm 10,7^{**}$	$30,8 \pm 5,8$	$3,7 \pm 0,6$	$0,040 \pm 0,008$
	2	$82,6 \pm 10,5$	$81,9 \pm 8,7$	$28,9 \pm 2,4$	$3,5 \pm 0,5$	$0,035 \pm 0,010$
14	1	$107,5 \pm 7,8^{**}$	$109,0 \pm 8,3^{**}$	$30,3 \pm 1,4^*$	$4,2 \pm 0,5$	$0,050 \pm 0,010$
	2	$79,3 \pm 12,6$	$85,0 \pm 8,7$	$25,1 \pm 1,5$	$3,9 \pm 0,5$	$0,042 \pm 0,010$
21	1	$101,0 \pm 8,4^{**}$	$101,0 \pm 6,7^{**}$	$26,5 \pm 5,3^*$	$3,8 \pm 0,5^*$	$0,044 \pm 0,003^*$
	2	$85,6 \pm 10,2$	$83,6 \pm 12,0$	$22,2 \pm 2,7$	$3,2 \pm 0,7$	$0,041 \pm 0,010$
28	1	$106,0 \pm 9,3^{**}$	$107,2 \pm 6,3^{**}$	$19,6 \pm 2,4$	$3,9 \pm 0,7$	$0,040 \pm 0,006^*$
	2	$88,1 \pm 10,4$	$86,5 \pm 13,6$	$18,9 \pm 1,4$	$3,5 \pm 0,5$	$0,032 \pm 0,008$

Примечание: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ .

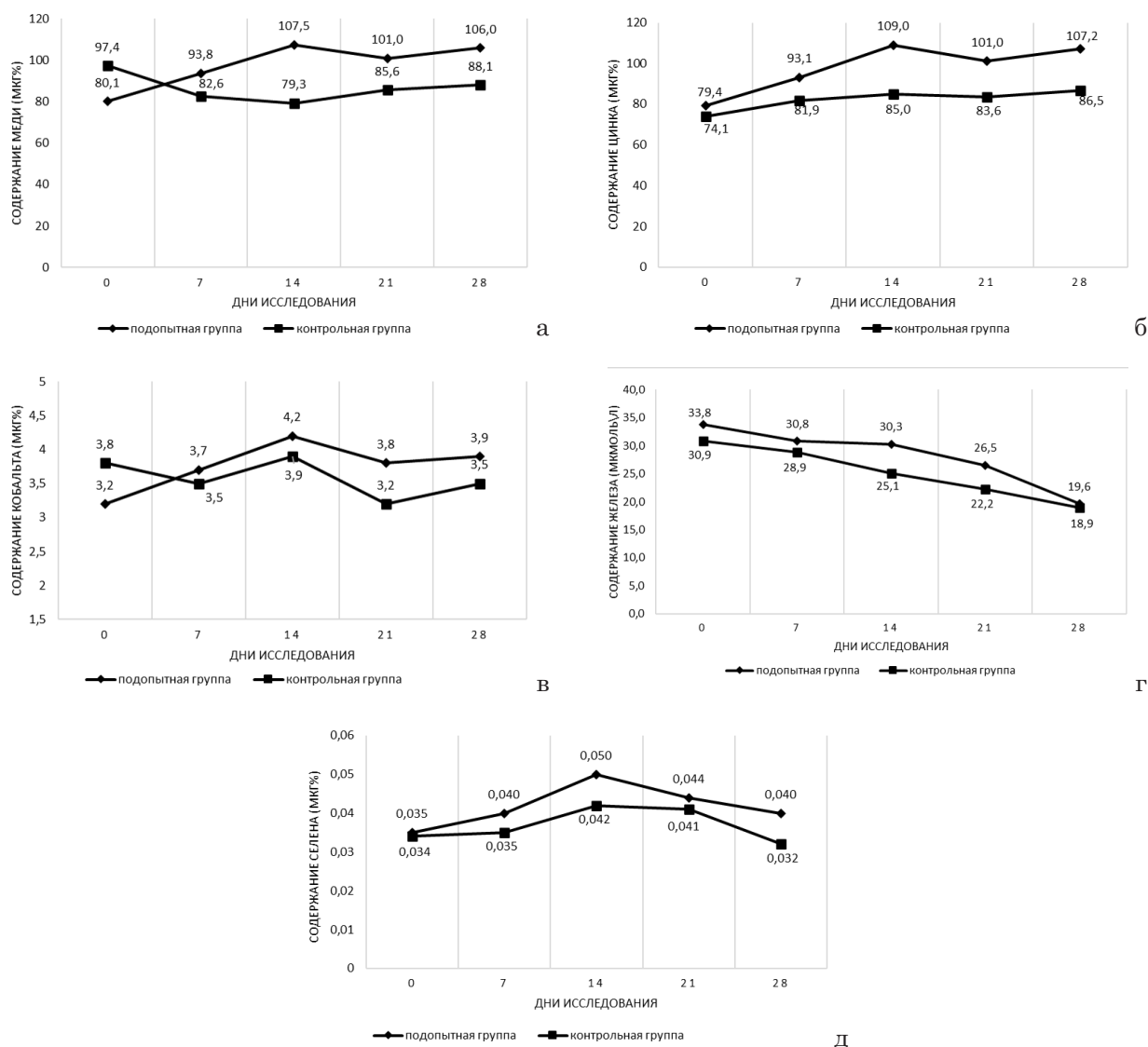


Рисунок 1 – Содержание микроэлементов в крови животных:  
а) меди; б) цинка; в) кобальта; г) железа; д) селена

Содержание микроэлементов в крови животных подопытной группы повысилось по сравнению с контрольной в ходе исследования. Различия были достоверными по содержанию меди и цинка на 7, 14, 21, 28-й дни, железа – на 14, 21-й дни, кобальта – на 21-й день, селена – на 21, 28-й дни.

Содержание меди, цинка, кобальта и селена достигло максимума к 14-му дню (времени отела). Это можно объяснить поступлением в организм соединений данных микроэлементов с задаваемой жидкой кормовой добавкой.

В образцах крови, взятых на 21-й день, содержание данных микроэлементов несколько снизилось в подопытной группе (хотя и осталось выше, чем в контроле). Это снижение можно объяснить интенсивным выделением соединений микроэлементов с молозивом. У животных подопытной группы его продукция ( $18,1 \pm 2,2$  л) была выше, чем в контроле ( $16,3 \pm 2,6$  л).

К концу исследования (на 28-й день) несколько повысилось содержание Cu, Zn, Co в пробах крови, взятых у животных, получавших кормовую добавку. Это, вероятно, объясняется их несколько меньшими потерями с молоком по сравнению с потерями с молозивом.

Тем не менее содержание микроэлементов в крови животных подопытной группы было выше, чем в контрольной.

В крови животных обеих групп содержание железа в начале исследования оказалось наиболее высоким, а затем постепенно снижалось. Это можно объяснить различными причинами: 1) снижением поступления с кормом; 2) переходом в организм плода до отела; 3) потерями с молозивом и молоком после отела.

Несмотря на это, у животных подопытной группы содержание железа в образцах крови, взятых на 14, 21-й дни, было достоверно выше, чем в контрольной.



В крови животных также определяли содержание витаминов А, С, Е. Результаты представлены в таблице 2 и на графиках (рис. 2).

Таблица 2 – Содержание витаминов А, С, Е в крови животных (M±σ, n = 10)

День	№ группы	Витамин А, мкг%	Витамин С, мкг%	Витамин Е, мкг%
		Референсный интервал		
		24–80	0,8–2	0,8–2
0	1	33,7±2,3	0,59±0,20	0,54±0,20
	2	32,3±5,9	0,55±0,20	0,56±0,20
7	1	38,3±2,7**	0,71±0,10*	0,61±0,10
	2	29,8±5,5	0,53±0,10	0,52±0,20
14	1	65,0 ±6,0 **	0,89±0,10**	1,04±0,20**
	2	32,4±2,6	0,56±0,10	0,55±0,20
21	1	67,9±6,7**	0,80±0,10**	1,15±0,20**
	2	33,9±8,1	0,50±0,20	0,61±0,10
28	1	71,0 ±9,4**	0,92±0,20**	1,36±0,10**
	2	35,8±6,6	0,63±0,10	0,55±0,20

Примечание: \* – p<0,05; \*\* – p<0,01.

По мере получения кормовой добавки в крови животных подопытной группы содержание данных витаминов постепенно повышалось. Различия по сравнению с контрольной группой оказались достоверными для витаминов А и С на 7, 14, 21, 28-й дни, а для витамина Е – на 14, 21, 28-й дни. Это можно объ-

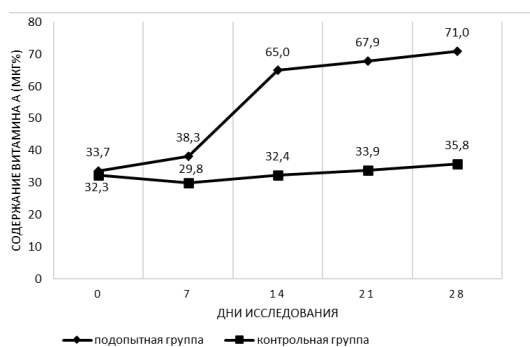
яснить их поступлением в организм с кормовой добавкой.

У животных контрольной группы содержание данных витаминов было меньшим в течение всего периода наблюдения.

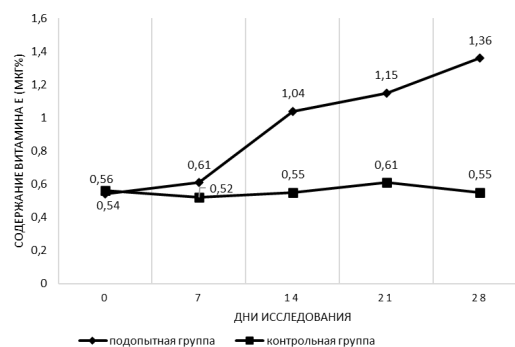
У животных обеих групп содержание витамина С в пробах крови, взятых на 21-й день, несколько снизилось по сравнению с его содержанием на 14-й день. Это можно связать с его интенсивным выделением с молозивом. Потери с молоком, вероятно, были уже меньшими, поэтому к 28-му дню содержание вновь возросло. В пользу данного предположения свидетельствует тот факт, что содержание витамина С в молозиве выше, чем в молоке. У животных подопытной группы содержание витамина С было более высоким в течение всего эксперимента.

Как уже было отмечено, кормовая добавка давалась в течение 28 дней (2 недели до и 2 недели после отела), однако молочная продуктивность животных изучалась на протяжении 10 месяцев (305 дней). Это позволило оценить влияние поступления витаминов, витаминopodobных веществ и микроэлементов с кормовой добавкой в указанный период на последующую лактацию.

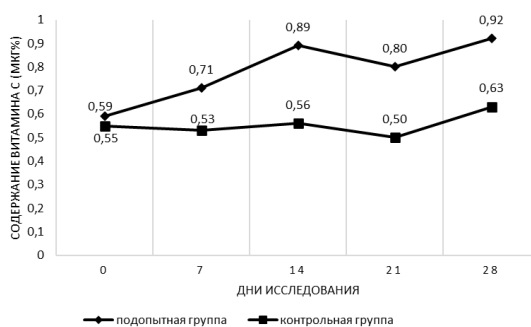
Продукция молока и молозива требует от организма высоких затрат энергии. Высокая калорийность жидкой кормовой добавки способствовала решению этой проблемы в начале раздоя.



а



б



в

Рисунок 2 – Содержание в крови животных: а) витамина А; б) витамина Е; в) витамина С

Прекращение введения кормовой добавки в рацион животных подопытной группы (после 28 дней ее применения) привело к уменьшению молочной продуктивности. Разница в пользу 2-й группы составила за первый месяц 17,7 кг, а за второй – 82,4 кг (рис. 3). Однако на третьем месяце раздоя удои коров 1-й группы превысили контроль на 6,7 % и достигли 986,5 кг. То есть введение в рацион данной кормовой добавки дало пролонгированный эффект и способствовало формированию более устойчивой лактационной кривой после ее пика.

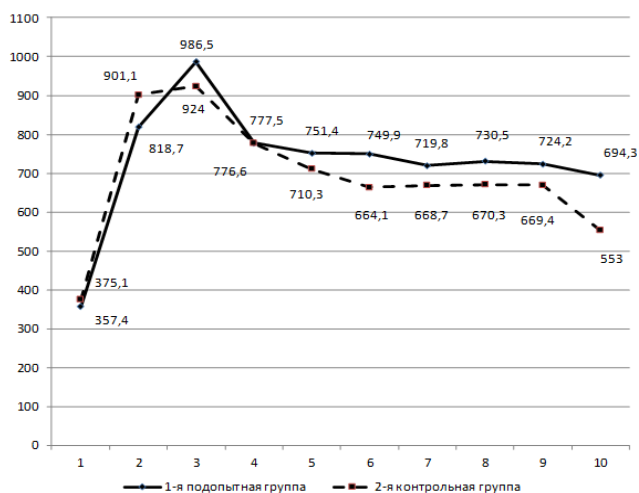


Рисунок 3 – Лактационные кривые коров-первотелок

За 10 месяцев (305 дней) лактации от животных подопытной группы было получено 7310,2 кг молока. Это на 397,6 кг (или 5,8 %) выше удоя животных контрольной группы. Массовая доля жира на протяжении лактации составила по группам 3,80 %, массовая доля белка находилась на уровне 3,17 %. Из-за разницы удоев коровами-первотелками было выработано разное количество молочного жира и белка – наиболее ценных компонентов молока (рис. 4).



Рисунок 4 – Количество молочного жира и белка, полученное за 305 дней лактации

За 10 месяцев первой лактации в расчете на 1 голову в 1-й группе было получено на 15,3 кг и 12,1 кг больше соответственно молочного жира и белка по сравнению с коровами-первотелками контрольной группы.

#### Выводы:

1. Содержание в крови животных меди, цинка, кобальта, железа, селена, витаминов А, С, Е претерпевало изменения, обусловленные физиологическими причинами – отелом, выработкой молока и молозива. Однако в подопытной группе оно оказалось выше, чем в контроле.

2. Введение в рацион нетелей кормовой добавки «Active Mix» VMG 500/600 позволило купировать проявления недостатка витаминов и микроэлементов, способствовало более легкому протеканию отелов и повышению продукции молозива и молока.

3. Использование кормовой добавки «Active Mix» VMG 500/600 дало пролонгированный эффект и способствовало повышению молочной продуктивности.

#### Список источников

1. Влияние применения жидкой кормовой добавки «ACTIVE MIX» VMG 500/600 на биохимические и гематологические показатели коров-первотелок / А. Н. Куликов, А. В. Шишкин, Ю. Г. Васильев [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2 (74). С. 17–27.

2. Ганьшина М. В. Применение пропиленгликоля и кормовых энергетических добавок на его основе для профилактики кетоза с целью повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота в послеродовой период // Перспективы развития науки и образования: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 32–35.

3. Дерезина Т. Н., Ушакова Т. М., Полозюк О. Н. Этиопатогенетическая характеристика микроэлементозов у крупного рогатого скота в системе «Мать-потомство» в условиях биогеоценотической провинции Ростовской области // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины. 2017. Т. 53. № 2. С. 46–50.

4. Дронов В. В. Динамика клинических, биохимических и иммунологических показателей организма новорожденных телят при Zn-, Cu- и J-гипомикроэлементозах у коров-матерей в хозяйствах Белгородской области // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (48). С. 64–69.

5. Мёрфи Р. Микроэлементы, корма и недостаток элементов в рационе: как форма микроэлемента влияет на качество корма и здоровье животных // Животноводство России. 2019. № 4. С. 41–44.

6. Метаболические заболевания крупного рогатого скота / В. А. Мищенко, А. В. Мищенко, Р. В. Яшин [и др.] // Ветеринария сегодня. 2021. № 3 (38). С. 184–189.

7. Племяшов К. В., Корочкина Е. А., Никитин В. В. Эффективность витаминно-минеральных добавок при применении коровам в транзитный период // Ветеринария. 2022. № 8. С. 38–41.

8. Производные глицерина с остатками уксусной кислоты: синтез и фармакологические свойства / Р. А. Олимов, М. А. Олимов, А. Б. Кимсанов, М. Б. Каримов // Вестник Дангаринского государственного университета. 2021. № 4 (18). С. 16–21.

9. Смоленцев С. Ю., Суфьянова Л. М. Влияние минеральных добавок на молочную продуктивность коров // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сб. ст. XVII Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2022. С. 421–425.

10. Состояние витаминного и минерального статуса у коров после применения Аминоселеферона-б при иммунном дефиците в условиях техногенной нагрузки / А. В. Аристов, И. Т. Шапошников, О. В. Ларина, Н. А. Кудинова // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2022. № 2 (19). С. 68–76.

11. Стекольников А. А., Карпенко Л. Ю. Экологические аспекты применения минерально-кормовой добавки хелавит для повышения качества молока коров // Эффективное животноводство. 2019. № 2 (150). С. 22–23.

12. Токарь В. В. Заболевания овец при недостаточности некоторых микроэлементов в корме // Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики байкальского региона: материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., посвященной Дню Российской науки. Улан-Удэ, 2021. С. 298–301.

## References

1. Vliyanie primeneniya zhidkoj kormovoj dobavki «ACTIVE MIX» VMG 500/600 na biohimicheskie i gematologicheskie pokazateli korov-pervotelok / A. N. Kulikov, A. V. Shishkin, Yu. G. Vasil'ev [i dr.] // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2023. № 2 (74). S. 17–27.

2. Gan'shina M. V. Primenenie propilenglikolya i kormovyh energeticheskikh dobavok na ego osnove dlya profilaktiki ketoza s cel'yu povysheniya molochnoj produktivnosti krupnogo rogatogo skota v poslerodovoj period // Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya: sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2017. S. 32–35.

3. Derezhina T. N., Ushakova T. M., Polozyuk O. N. Etiopatogeneticheskaya harakteristika mikroelementov u krupnogo rogatogo skota v sisteme «Mat'-potomstvo» v usloviyah biogeocenoticheskoy provincii Rostovskoj oblasti // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. 2017. T. 53. № 2. S. 46–50.

4. Dronov V. V. Dinamika klinicheskikh, biokhimicheskikh i immunologicheskikh pokazatelej organizma novorozhdennyh telyat pri Zn-, Cu- i J-gipomikroelementah u korov-materej v hozyajstvah Belgorodskoj oblasti // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 4 (48). S. 64–69.

5. Myorfi R. Mikroelementy, korma i nedostatok elementov v racione: kak forma mikroelementa vliyaet na kachestvo korma i zdorov'e zhivotnyh // Zhivotnovodstvo Rossii. 2019. № 4. S. 41–44.

6. Metabolicheskie zabolevaniya krupnogo rogatogo skota / V. A. Mishchenko, A. V. Mishchenko, R. V. Yashin [i dr.] // Veterinariya segodnya. 2021. № 3 (38). S. 184–189.

7. Plemyashov K. V., Korochkina E. A., Nikitin V. V. Effektivnost' vitaminno-mineral'nyh dobavok pri primeneni korovam v tranzitnyj period // Veterinariya. 2022. № 8. S. 38–41.

8. Proizvodnye glicerina s ostatkami uksusnoj kisloty: sintez i farmakologicheskie svoystva / R. A. Olimov, M. A. Olimov, A. B. Kimsanov, M. B. Karimov // Vestnik Dangarinского gosudarstvennogo universiteta. 2021. № 4 (18). S. 16–21.

9. Smolencev S. Yu., Suf'yanova L. M. Vliyanie mineral'nyh dobavok na molochnyuyu produktivnost' korov // Agropromyshlennyj kompleks: sostoyanie, problema, perspektivy: sb. st. XVII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Penza, 2022. S. 421–425.

10. Sostoyanie vitaminnogo i mineral'nogo statusa u korov posle primeneniya Aminoseleferona-b pri immunnom deficite v usloviyah tekhnogennoj nagruzki / A. V. Aristov, I. T. Shaposhnikov, O. V. Larina, N. A. Kudina // Tekhnologii i tovarovedenie sel'skohozyajstvennoj produkcii. 2022. № 2 (19). S. 68–76.

11. Stekol'nikov A. A., Karpenko L. Yu. Ekologicheskie aspekty primeneniya mineral'no-kormovoj dobavki helavit dlya povysheniya kachestva moloka korov // Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2019. № 2 (150). S. 22–23.

12. Tokar' V. V. Zabolevaniya ovec pri nedostatochnosti nekotoryh mikroelementov v korme // Aktual'nye voprosy razvitiya agrarnogo sektora ekonomiki bajkal'skogo regiona: materialy Vseros. (nac.) nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj Dnyu Rossijskoj nauki. Ulan-Ude, 2021. S. 298–301.

## Сведения об авторах:

**А. Н. Куликов**<sup>1</sup>✉, кандидат ветеринарных наук, доцент, <https://orcid.org/0009-0009-1055-1395>;

**А. В. Шишкин**<sup>2</sup>, доктор медицинских наук, ведущий химик-разработчик, <https://orcid.org/0000-0001-9720-5042>;

**Е. И. Трошин**<sup>3</sup>, доктор биологических наук, профессор;

Ю. Г. Васильев<sup>4</sup>, доктор медицинских наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-3417-7280>;

Н. А. Санникова<sup>5</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0009-0000-1216-7463>

<sup>1,3,4,5</sup>Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

<sup>2</sup>ООО «Производственная компания «Ижсинтез-Химпром»,

ул. Орджоникидзе, 2, Ижевск, Россия, 426063

<sup>1</sup>andrey.kulikov.1991@bk.ru

Original article

## EFFECT OF THE “ACTIVE MIX” VMG 500/600 FEED ADDITIVE ON THE CONTENT OF MICROELEMENTS AND VITAMINS IN THE BLOOD OF FIRST-CALF HEIFERS

Andrey N. Kulikov<sup>1</sup>✉, Alexander V. Shishkin<sup>2</sup>, Evgeny I. Troshin<sup>3</sup>, Yuri G. Vasiliev<sup>4</sup>, Nadezhda A. Sannikova<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>2</sup>Production company Izhsintez-Khimprom, Izhevsk, Russia

<sup>1</sup>andrey.kulikov.1991@bk.ru

**Abstract.** The article presents the results of using the new liquid feed additive "Active Mix" VMG 500/600, which was given to heifers of the Holsteinized Kholmogorsky breed in the period of 2 weeks before and 2 weeks after calving. When creating this feed additive, new approaches were applied aimed at increasing the digestibility of vitamins and microelements, as well as reducing the signs of their antagonism. The dynamics of changes in the content of microelements in the animal blood was studied: copper, zinc, cobalt, iron and selenium, as well as vitamins A, C, E. It was established that there were changes that could be explained by such physiological processes as calving, production of colostrum and milk. The levels of these vitamins and microelements in the blood of animals that received the liquid feed additive turned out to be higher compared to the animals of the control group, which were not given it. The general state of the animals, the process of calving, colostrum and milk production were also assessed. Before the beginning of the experiment all heifers had signs of microelement and vitamin deficiency. During the study the state of the animals of the experimental group returned to normal, calving was easier, and the production of colostrum and milk turned out to be higher compared to the animals of the control group (in which the signs of vitamin and microelement deficiency persisted). The protein and fat content in the milk of cows of the experimental group increased. In addition, the content of trace metals in the blood of animals of the experimental group was higher than in the control group. Thus, the high efficiency of using the feed additive "Active Mix" VMG 500/600 was shown.

**Key words:** feed additive, chelate complex compounds of microelements, vitamins, bioavailability, first-calf heifers.

**For citation:** Kulikov A. N., Shishkin A. V., Troshin E. I., Vasiliev Yu. G., Sannikova N. A. Effect of the "Active Mix" VMG 500/600 feed additive on the content of microelements and vitamins in the blood of first-calf heifers. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 3(75): 26-33. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_26-33](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_26-33).

### Authors:

A. N. Kulikov<sup>1</sup>✉, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0009-1055-1395>;

A. V. Shishkin<sup>2</sup>, Doctor of Medical Sciences, Leading Chemist Developer, <https://orcid.org/0000-0001-9720-5042>;

E. I. Troshin<sup>3</sup>, Doctor of Biological Sciences, Professor;

Yu. G. Vasiliev<sup>4</sup>, Doctor of Medical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-3417-7280>;

N. A. Sannikova<sup>5</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0000-1216-7463>;

<sup>1,3,4,5</sup>Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya st., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>2</sup>Production company Izhsintez-Khimprom, 2 Ordzhonikidze st., Izhevsk, Russia, 426063

<sup>1</sup>andrey.kulikov.1991@bk.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 02.05.2023; одобрена после рецензирования 14.06.2023; принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 02.05.2023; approved after reviewing 14.06.2023; accepted for publication 18.09.2023.



Научная статья

УДК 636.2.082

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_3\_34-40

## РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТОДОВ ПОДБОРА И СПОСОБОВ СОДЕРЖАНИЯ

Мартынова Екатерина Николаевна, Исупова Юлия Викторовна,  
Якимова Валентина Юрьевна, Нагорная Ольга Митрофановна✉

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

✉ olga.nagornaya5@gmail.com

**Аннотация.** Изучена реализация генетического потенциала коров при разных методах подбора в зависимости от способа содержания. Исследования проводились в условиях племенного завода СХПК «Колос» Вавожского района Удмуртской Республики. Были сформированы две группы в зависимости от способа содержания: I группа – беспривязно-боксовый, II группа – привязный. В каждую группу вошли коровы всех возрастов, средний возраст коров составил 2,4 лактации. Молочную продуктивность коров каждой группы изучали по наивысшей лактации в зависимости от линейной принадлежности и метода подбора: внутрелинейного и межлинейного. Определяли генетический потенциал коров на основании продуктивности женских предков (родительский индекс коров) и степень реализации генетического потенциала. В результате исследований выявили, что реализация генетического потенциала коров, полученных разными методами подбора, имеет определенное различие в зависимости от способа содержания. Реализация генетического потенциала по удою за 305 дней максимальной лактации при внутрелинейном подборе при беспривязно-боксовом способе содержания наибольшей была у линии Вис Бэк Айдиал и составила 101,2 %, наименьшей – при разведении линии Рефлексин Соверинг – 97,1 %. Степень реализации генетического потенциала удоя коров при привязном способе содержания более высокой была у линий Монтвик Чифтейн и Рефлексин Соверинг – 103,1 %. Реализация генетического потенциала удоя коров, полученных при межлинейном подборе линий Вис Бэк Айдиал x Силинг Трайджун Рокит, была наибольшей при беспривязно-боксовом способе содержания – 103,2 %, а при привязном способе содержания при подборе линий Монтвик Чифтейн и Рефлексин Соверинг – 103,1 %.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, генетический потенциал, молочная продуктивность, внутрелинейный подбор, межлинейный подбор.

**Для цитирования:** Реализация генетического потенциала коров в зависимости от методов подбора и способов содержания / Е. Н. Мартынова, Ю. В. Исупова, В. Ю. Якимова, О. М. Нагорная // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(75). С. 34-40. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_34-40](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_34-40).

**Актуальность.** Молочное скотоводство в России стоит в одном ряду с самыми перспективными отраслями животноводства. Разведение высокопродуктивных коров способствует накоплению ценного генетического потенциала в последующих поколениях и увеличивает вероятность получения еще более продуктивного племенного стада.

При племенной работе со стадом нужно учитывать, что высокую молочную продуктивность коров определяют высокий уровень генетического потенциала и условия его проявления [1, 3, 6]. Поэтому одной из важных задач в улучшении молочной продуктивности коров является реализация высокого генетического потенциала при разных способах содержания [2, 5, 7, 8].

В связи с этим поставлена цель исследований – определить степень реализации генетического потенциала продуктивности в зависимости от метода подбора и способа содержания коров.

**Материал и методика.** Исследования по изучению генетического потенциала в зависимости от метода подбора и способов содержания проводились в период с 2019 по 2023 г. в условиях племенного завода СХПК «Колос» Вавожского района Удмуртской Республики.

Для проведения исследований коровы были сформированы в две группы в зависимости от способа содержания: I группа – беспривязно-боксовый, II группа – привязный. В каждую группу вошли коровы всех возрастов, средний возраст коров составил 2,4 лактации.

Молочную продуктивность коров каждой группы изучали по наивысшей лактации в зависимости от линейной принадлежности и метода подбора: внутрилинейного и межлинейного.

Генетический потенциал коров определяли на основании продуктивности женских предков как родительский индекс коров (РИК), который рассчитывался по формуле Н. А. Кравченко (1969):

$$РИК = \frac{2M + MM + MO}{4},$$

где  $M$  – продуктивность матери коровы;

$MM$  – продуктивность матери матери коровы;

$MO$  – продуктивность матери отца.

Степень реализации генетического потенциала (РГП) определяли по формуле:

$$РГП = \frac{\text{фактическая продуктивность}}{\text{ожидаемая продуктивность по РИК}} \times 100 \%,$$

Обработку данных произвели с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

**Результаты исследований.** Основным фактором, определяющим ценность скота, является генетический потенциал животных. Для более точного определения потенциальных возможностей животных по всем показателям женских предков нами был рассчитан родительский индекс коров (табл. 1).

Данные таблицы 1 показывают, что РИК и величина удоя коров по максимальной лактации наиболее высокими были у особей ли-

нии Вис Бэк Айдиал, при этом удой этих животных был на 143,7 кг больше, чем у коров линии Рефлекшн Соверинг и на 828,5 кг ( $P \geq 0,999$ ) коров линии Монтвик Чифтейн. Наименьший удой и РИК определен у коров линии Монтвик Чифтейн. В зависимости от способов содержания животных разных линий установлены некоторые различия в продуктивности и в РИК. Так, в линии Вис Бэк Айдиал несколько выше (на 71,6 кг) был РИК у коров, содержащихся на привязи, при этом величина удоя по наивысшей лактации была, наоборот, выше при беспривязно-боксовом способе содержания – на 260,2 кг. Животные линии Монтвик Чифтейн II группы имели более высокий родительский индекс – на 718,7 кг, чем коровы, содержащиеся в I группе, при этом и удой их также был на 822,6 кг выше. Коровы линии Рефлекшн Соверинг I группы имели генетический потенциал величины удоя на 108,3 кг выше и удой также на 158,7 кг больше, чем животные II группы.

РГП коров разных линий при разных способах содержания по максимальной лактации представлена на рисунке 1.

РГП при беспривязно-боксовом способе содержания по удою за 305 дней максимальной лактации составила у животных линии Вис Бэк Айдиал 104,3 %, что больше на 2,9 % в среднем по стаду и линии Монтвик Чифтейн на 6,1 %.

Животные линий Вис Бэк Айдиал и Рефлекшн Соверинг имеют реализацию генетического потенциала по удою при привязном способе содержания 100,6–101,2 %, у особей линии Монтвик Чифтейн она была наименьшей – 99,5 %.

Таблица 1 – Молочная продуктивность и генетический потенциал коров разных линий

Линия	Беспривязно-боксовый способ (I группа)	Привязный способ (II группа)	В среднем
Вис Бэк Айдиал 1013415			
РИК	9084,9±61,0	9156,5±104,4	9120,7±55,5
Собственная продуктивность по максимальной лактации	9476,3±134,1***	9216,1±97,5	9346,2±71,9
Монтвик Чифтейн 95679			
РИК	8253,7±53,6	8972,4±146,2	8613,1±75,7
Собственная продуктивность по максимальной лактации	8106,4±70,6***	8929,0±155,4	8517,7±95,9
Рефлекшн Соверинг 198998			
РИК	9119,9±98,2	9011,6±65,3	9065,9±67,2
Собственная продуктивность по максимальной лактации	9281,9±147,7	9123,2±83,1	9202,5±117,4

Примечание: \*\*\* –  $P \geq 0,999$ .

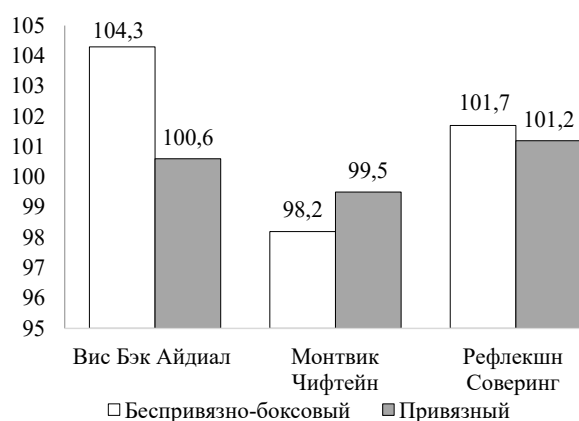


Рисунок 1 – Реализация генетического потенциала удоя коров разных линий при разных способах содержания

Генетический потенциал коров и его реализация в зависимости от метода подбора по максимальной лактации представлены в таблице 2.

В результате исследований установлено, что генетический потенциал и удой коров, полученных при внутрилинейном подборе, наиболее высокими были у коров линии Рефлекшн Соверинг.

Так, РИК был выше на 248,1 кг, а удой на 266,4 кг больше животных линии Вис Бэк Айдиал и линии Монтвик Чифтейн на 1060,6 кг ( $P \geq 0,99$ ) и 1160,1 кг ( $P \geq 0,95$ ) соответственно. Наименьший РИК и удой были у особей линии Монтвик Чифтейн.

Таблица 2 – Реализация генетического потенциала коров в зависимости от метода подбора

Линия	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
<b>ВНУТРИЛИНЕЙНЫЙ ПОДБОР</b>			
Вис Бэк Айдиал x Вис Бэк Айдиал			
РИК	9050,8±70,21	3,94±0,01	3,22±0,01
Собственная продуктивность по максимальной лактации	9144,8±106,93	3,89±0,03	3,16±0,02
РГП, %	101,1	98,7	98,1
Монтвик Чифтейн x Монтвик Чифтейн			
РИК	8238,2±119,22*	3,82±0,03	3,19±0,01
Собственная продуктивность по максимальной лактации	8251,1±138,19**	3,82±0,03	3,18±0,02
РГП, %	100,1	100	99,7
Рефлекшн Соверинг x Рефлекшн Соверинг			
РИК	9298,9±186,16*	3,98±0,05	3,21±0,03
Собственная продуктивность по максимальной лактации	9411,2±222,69**	3,86±0,07	3,10±0,06
РГП, %	101,2	96,9	96,5
<b>МЕЖЛИНЕЙНЫЙ ПОДБОР</b>			
Вис Бэк Айдиал x Монтвик Чифтейн			
РИК	8696,9±99,5	3,94±0,02	3,25±0,01
Собственная продуктивность по максимальной лактации	8893,7±167,1	3,95±0,05	3,23±0,04
РГП, %	102,3	100,2	99,4
Вис Бэк Айдиал x Рефлекшн Соверинг			
РИК	9300,7±96,5*	3,87±0,01	3,22±0,01
Собственная продуктивность по максимальной лактации	9370,2±140,3	3,84±0,03	3,18±0,02
РГП, %	100,7	99,2	98,7
Вис Бэк Айдиал x Силинг Трайджун Рокит			
РИК	8378,4±214,6	3,85±0,03*	3,23±0,02
Собственная продуктивность по максимальной лактации	8325,5±349,9	3,69±0,11	3,10±0,08
РГП, %	99,4	95,8	95,9
Монтвик Чифтейн x Вис Бэк Айдиал			
РИК	8569,7±74,9	3,82±0,01	3,19±0,01
Собственная продуктивность по максимальной лактации	8730,76±115,4	3,92±0,03	3,25±0,03
РГП, %	101,9	102,6	101,8
Монтвик Чифтейн x Пабст Говернер			
РИК	8083,1±305,1*	3,68±0,03**	3,20±0,02
Собственная продуктивность по максимальной лактации	8182,5±378,3	3,69±0,04*	3,20±0,01
РГП, %	101,2	100,2	100

Окончание таблицы 2

Монтвик Чифтейн х Рефлекшн Соверинг			
РИК	8596,2±76,5	3,81±0,01	3,19±0,01
Собственная продуктивность по максимальной лактации	8683,7±98,2	3,88±0,04	3,23±0,03
РГП, %	101,1	101,8	101,6
Монтвик Чифтейн х Силинг Трайджун Рокит			
РИК	8210,9±187,9	3,89±0,06	3,21±0,02
Собственная продуктивность по максимальной лактации	8347,6±248,9	3,90±0,05	3,22±0,02
РГП, %	101,7	100,2	100,3
Рефлекшн Соверинг х Вис Бэк Айдиал			
РИК	9102,6±72,7	3,98±0,01	3,24±0,01
Собственная продуктивность по максимальной лактации	9134,2±139,2	3,94±0,05	3,16±0,04
РГП, %	100,3	98,9	97,5
Рефлекшн Соверинг х Монтвик Чифтейн			
РИК	9384,9±230,0	4,01±0,04	3,25±0,02
Собственная продуктивность по максимальной лактации	9403,9±305,6	4,07±0,10*	3,27±0,07
РГП, %	100,2	101,5	100,6

Примечание: \* –  $P \geq 0,95$ ; \*\* –  $P \geq 0,99$ ; \*\*\* –  $P \geq 0,999$ .

Генетический потенциал по массовой доле жира в молоке более высоким был у коров линии Рефлекшн Соверинг, полученных при внутрилинейном подборе, – 3,98 %, по массовой доле белка в молоке – у коров линии Вис Бэк Айдиал – 3,22 %, при этом наибольшее содержание жира в молоке было получено от животных линии Вис Бэк Айдиал – 3,89 %, а белка – линии Монтвик Чифтейн – 3,18 %.

Родительский индекс коров, полученных при межлинейном подборе, по величине удоя варьировал в широком диапазоне – от 8083,1 кг до 9384,9 кг. Наилучший результат РИК и величина удоя были у коров, полученных при сочетании линий Вис Бэк Айдиал х Рефлекшн Соверинг и линий Рефлекшн Соверинг х Монтвик Чифтейн, что выше величины соответствующих показателей у коров при подборе линий Монтвик Чифтейн х Пабст Говернер на 1187,8–1301,8 кг ( $P \geq 0,95$ ) и на 1217,5–1221,4 кг ( $P \geq 0,95$ ) соответственно.

Родительский индекс коров и величина массовой доли жира наиболее высокими были у коров при подборе линий Рефлекшн Соверинг х Монтвик Чифтейн, что выше, чем у коров линий Вис Бэк Айдиал х Силинг Трайджун Рокит и Монтвик Чифтейн х Пабст Говернер, на 0,16–0,33 % и на 0,38 % соответственно.

РИК по содержанию белка в молоке наиболее высоким был у коров при подборе линий Рефлекшн Соверинг х Монтвик Чифтейн и Вис Бэк Айдиал х Монтвик Чифтейн (3,25 %), что превышает данные коров при сочетании линий Монтвик Чифтейн х Вис Бэк

Айдиал и Монтвик Чифтейн х Рефлекшн Соверинг на 0,06 %. Наиболее высокое содержание белка в молоке было у коров, полученных при подборе линий Рефлекшн Соверинг х Монтвик Чифтейн, – 3,27 %.

Степень реализации генетического потенциала удоя коров, полученных при внутрилинейном подборе линий Вис Бэк Айдиал, Рефлекшн Соверинг, Монтвик Чифтейн, составила 101,1–101,2 %, по массовой доле жира и белка находится в пределах 96,9–100,0 % и 96,5–98,9 % соответственно.

Реализация генетического потенциала по удою за 305 дней максимальной лактации при межлинейном подборе варьировала от 99,4 до 102,3 %, максимальной была при кроссе линий Вис Бэк Айдиал х Монтвик Чифтейн. РГП по массовой доле жира была максимальной при подборе линий Монтвик Чифтейн х Вис Бэк Айдиал – 102,6 %, минимальной – Вис Бэк Айдиал х Силинг Трайджун Рокит – 95,8 %.

Реализация генетического потенциала удоя коров, полученных при внутрилинейном подборе, при разных способах содержания представлена на рисунке 2.

Реализация генетического потенциала по удою за 305 дней максимальной лактации при внутрилинейном подборе в I группе наибольшей была у линии Вис Бэк Айдиал и составила 101,2 %, наименьшей – при разведении линии Рефлекшн Соверинг – 97,1 %. РГП удоя коров во II группе более высокой была у линий Монтвик Чифтейн и Рефлекшн Соверинг – 103,1 %.



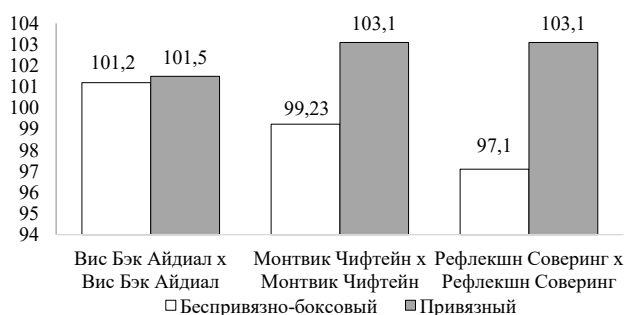


Рисунок 2 – Реализация генетического потенциала удоя коров при внутрилинейном подборе при разных способах содержания

Реализация генетического потенциала коров, полученных при межлинейном подборе, при разных способах содержания представлена на рисунке 3.

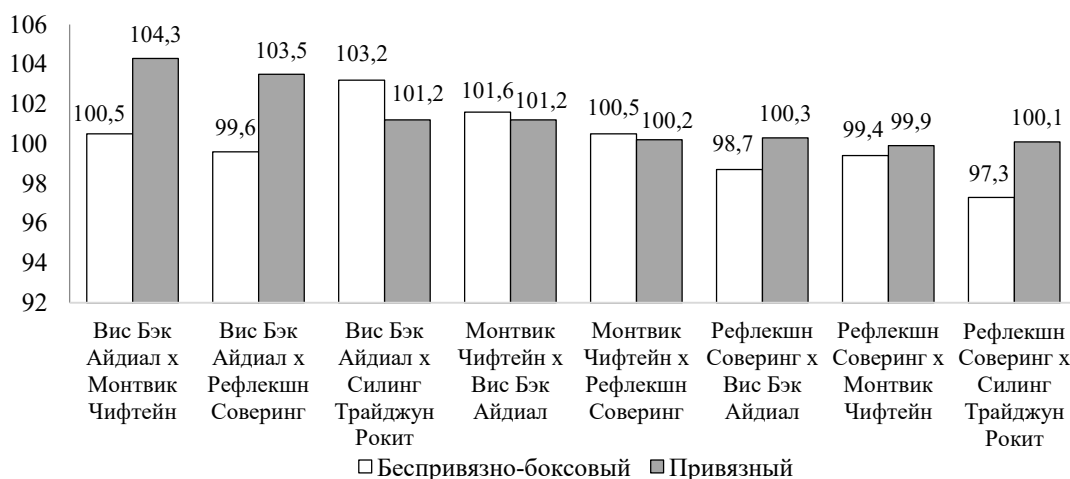


Рисунок 3 – Реализация генетического потенциала удоя коров при межлинейном подборе при разных способах содержания

Максимальная РГП по удою при межлинейном подборе и беспривязно-боксовом способе содержания получена при кроссе линий Вис Бэк Айдиал х Силинг Трайджун Рокит – 103,2 %, наименьшая была при кроссе Рефлекшн Соверинг х Силинг Трайджун Рокит – 97,3 %.

Наиболее высокая реализация генетического потенциала по удою при привязном способе содержания отмечена при сочетании линий Вис Бэк Айдиал х Монтвик Чифтейн – 104,3 % и Вис Бэк Айдиал х Рефлекшн Соверинг – 103,5 %.

**Выводы.** Реализация генетического потенциала коров, полученных разными методами подбора, имеет определенное различие в зависимости от способа содержания. Реализация генетического потенциала по удою за 305 дней максимальной лактации при внутрилинейном подборе и беспривязно-боксовом спо-

собе содержания наибольшей была у линии Вис Бэк Айдиал и составила 101,2 %, наименьшей – при разведении линии Рефлекшн Соверинг – 97,1 %.

Степень реализации генетического потенциала удоя коров при привязном способе содержания более высокой была у линий Монтвик Чифтейн и Рефлекшн Соверинг – 103,1 %.

Реализация генетического потенциала удоя коров, полученных при межлинейном подборе линий Вис Бэк Айдиал х Силинг Трайджун Рокит, была наибольшей при беспривязно-боксовом способе содержания – 103,2 %, а при привязном способе содержания – при подборе линий Монтвик Чифтейн и Рефлекшн Соверинг – 103,1 %.

### Список источников

1. Кислякова Е. М., Владыкина Е. Л. Реализация генетического потенциала коров по качественным показателям молока в разных технологических условиях // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2 (74). С. 11–17.
2. Кислякова Е. М., Ломаева А. А. Реализация генетического потенциала молочной продуктивности коров в условиях Пермского края // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52, № 3. С. 91–95.
3. Любимов А. И., Мартынова Е. Н., Ястребова Е. А. Особенности реализации генетического потенциала роста телок разных генераций // Аграрное образование и наука – в развитии животноводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию заслуж. работника с.-х. РФ, почет. работника ВПО РФ, лауреата Гос. премии УР, ректора ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, д-ра с.-х. наук, проф. Любимова Александра Ивановича. В 2 т. Ижевск, 20 июля 2020 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. Т. I. С. 144–147.

4. Любимов А. И., Мартынова Е. Н., Азимова Г. В. Оценка молочной продуктивности коров новых родственных групп черно-пестрой породы в АО «Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА» // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. Ижевск, 13–16 февраля 2018 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. Т. II. С. 73–74.

5. Любимов А. И., Мартынова Е. Н., Ачкасова Е. В. Оценка реализации генетического потенциала быков-производителей // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (52). С. 86–90.

6. Мартынова Е. Н., Зорина А. В. Генетический потенциал быков-производителей, сперма которых получена при разных технологиях, и его реализация // Современному АПК – эффективные технологии: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию д-ра с.-х. наук, проф., заслуж. деятеля науки РФ, почет. работника высш. профессионального образования РФ В. М. Макаровой, Ижевск, 11–14 декабря 2018 г.: в 5 т. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. Т. 2. С. 214–219.

7. Мартынова Е. Н., Любимов А. И. Реализация генетического потенциала быков-производителей в зависимости от уровня продуктивности коров, используемых при подборе // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т., Ижевск, 12–15 февраля 2019 г. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. Т. 2. С. 73–77.

8. Реализация генетического потенциала импортного поголовья коров монбельярдской породы в условиях Центрального Черноземья / С. С. Карташов, А. В. Востроилов, Е. В. Астафурова [и др.] // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства, проводимой на базе ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, Воронеж, 09.12.2016 г. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2016. С. 108–111.

## References

1. Kislyakova E. M., Vladykina E. L. Realizatsiya geneticheskogo potentsiala korov po kachestvennym pokazatelyam moloka v raznykh tekhnologicheskikh usloviyakh // Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii. 2023. № 2 (74). S. 11–17.

2. Kislyakova E. M., Lomaeva A. A. Realizatsiya geneticheskogo potentsiala molochnoy produktivnosti korov

v usloviyakh Permskogo kraya // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. T. 52, № 3. S. 91–95.

3. Lyubimov A. I., Martynova E. N., Yastrebova E. A. Osobennosti realizatsii geneticheskogo potentsiala rosta telok raznykh generatsiy // Agrarnoe obrazovanie i nauka – v razvitii zhivotnovodstva: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 70-letiyu zasluh. rabotnika s.-h. RF, pochet. rabotnika VPO RF, laureata Gos. premii UR, rektora FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, d-ra s.-h. nauk, prof. Lyubimova Aleksandra Ivanovicha. V 2 t. Izhevsk, 20 iyulya 2020 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2020. T. I. S. 144–147.

4. Lyubimov A. I., Martynova E. N., Azimova G. V. Ocenka molochnoy produktivnosti korov novykh rodstvennykh grupp cherno-pestroy porody v AO «Uchkhos Izhevskoy GSKHA» // Innovatsionnye tekhnologii dlya realizatsii programmy nauchno-tekhnicheskogo razvitiya sel'skogo hozyajstva: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 3 t. Izhevsk, 13–16 fevralya 2018 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2018. T. II. S. 73–74.

5. Lyubimov A. I., Martynova E. N., Achkasova E. V. Ocenka realizatsii geneticheskogo potentsiala bykov-proizvoditelej // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 4 (52). S. 86–90.

6. Martynova E. N., Zorina A. V. Geneticheskij potentsial bykov-proizvoditelej, sperma kotorykh poluchena pri raznykh tekhnologiyakh, i ego realizatsiya // Sovremennomu APK – effektivnye tekhnologii: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 90-letiyu d-ra s.-h. nauk, prof., zasluh. deyatela nauki RF, pochet. rabotnika vyssh. professional'nogo obrazovaniya RF V. M. Makarovej, Izhevsk, 11–14 dekabrya 2018 g.: v 5 t. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. T. 2. S. 214–219.

7. Martynova E. N., Lyubimov A. I. Realizatsiya geneticheskogo potentsiala bykov-proizvoditelej v zavisimosti ot urovnya produktivnosti korov, ispol'zuemykh pri podbore // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 3 t., Izhevsk, 12–15 fevralya 2019 g. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. T. 2. S. 73–77.

8. Realizatsiya geneticheskogo potentsiala importnogo pogolov'ya korov monbel'yardskoj porody v usloviyakh Central'nogo Chernozem'ya / S. S. Kartashov, A. V. Vostroilov, E. V. Astafurova [i dr.] // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 90-letiyu fakul'teta veterinarnoj mediciny i tekhnologii zhivotnovodstva, provodimoy na baze FGBOU VO Voronezhskij GAU, Voronezh, 09.12.2016 g. Voronezh: Voronezhskij GAU, 2016. S. 108–111.

## Сведения об авторах:

**Е. Н. Мартынова**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-6266-0942>;

**Ю. В. Исупова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-3753-3188>;

**В. Ю. Якимова**, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент, <https://orcid.org/0000-0002-6438-9866>;

**О. М. Нагорная** <sup>✉</sup>, аспирант, <https://orcid.org/0009-0005-2474-9125>

Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

<sup>✉</sup>[olga.nagornaya5@gmail.com](mailto:olga.nagornaya5@gmail.com)

Original article

## REALIZATION OF THE GENETIC POTENTIAL OF COWS DEPENDING ON THE SELECTION AND MANAGEMENT METHODS

Ekaterina N. Martynova, Yulia V. Isupova, Valentina Yu. Yakimova, Olga M. Nagornaya✉

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

✉olga.nagornaya5@gmail.com

**Abstract.** *The realization of the genetic potential of cows with different selection methods depending on the cattle management methods has been studied. The studies were carried out in the breeding plant of the agricultural complex "Kolos" of the Vavozhsky district of the Udmurt Republic. Two groups were formed depending on the management method: group I – loose and cubicle housing, group II – tie-up housing. Each group included cows of all ages, the average age of cows was 2.4 lactation. The milk productivity of cows of each group was studied according to the highest lactation, depending on the linear features and the method of selection: in-line and interline selection. The genetic potential of cows was determined based on the productivity of female ancestors (parental cow index) and the degree of realization of genetic potential. The research results revealed that the realization of the genetic potential of cows bred by different selection methods had a certain difference depending on the keeping method. The realization of the genetic potential for milk yield for 305 days of maximum lactation with in-line selection using a loose and cubicle housing was the greatest in the Vis Back Ideal breeding line and amounted to 101.2 %, the lowest – with the breeding of the Reflexion Sovering line – 97.1 %. The degree of realization of the genetic potential of milk yield of cows with the tie-up housing was higher in the Montvik Chieftain and Reflection Sovering breeding lines – 103.1 %. The fullest realization of the genetic potential of the milk yield of cows bred with the interline selection of the Vis Back Ideal and Ceiling Tridejune Rocket lines was with the loose and cubicle housing – 103.2 %, and with the tie-up housing with the selection of the Montvik Chieftain and Reflection Sovering breeding lines – 103.1 %.*

**Key words:** *cattle, genetic potential, milk productivity, in-line selection, interline selection.*

**For citation:** *Martynova E. N., Isupova Yu. V., Yakimova V. Yu., Nagornaya O. M. Realization of the genetic potential of cows depending on the selection and management methods. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 3(75): 34-40. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_34-40](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_34-40).*

### Authors:

**E. N. Martynova**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-6266-0942>;

**Yu. V. Isupova**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-3753-3188>;

**V. Yu. Yakimova**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant, <https://orcid.org/0000-0002-6438-9866>;

**O. M. Nagornaya**✉, Postgraduate student, <https://orcid.org/0009-0005-2474-9125>

Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya st., Izhevsk, Russia, 426069

✉olga.nagornaya5@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 08.09.2023; одобрена после рецензирования 15.09.2023;

принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 08.09.2023; approved after reviewing 15.09.2023; accepted for publication 18.09.2023.

Научная статья

УДК 638.144.5

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_3\_41-46

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕКОТОРЫХ МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ПЧЕЛ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

Михеева Екатерина Александровна<sup>1</sup>✉, Шишкин Александр Валентинович<sup>2</sup>,  
Воробьева Светлана Леонидовна<sup>3</sup>, Шкляев Константин Леонидович<sup>4</sup>,  
Попкова Марина Юрьевна<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

<sup>2</sup>ООО «Производственная компания Ижсинтез-Химпром», Ижевск, Россия

<sup>1</sup>mikhkatia@yandex.ru

**Аннотация.** Рецептуры современных кормовых добавок для пчел часто составлены без учета химического взаимодействия компонентов, их возможного антагонизма и синергизма, что снижает эффективность применения. Целью исследования явилась оценка эффективности использования новых подходов к созданию кормовых добавок для пчел. Состав подкормки был разделен на две части. Одна часть была сухой и содержала соли некоторых микро- и макроэлементов, а также соевую муку. Вторая часть была жидкой и представляла собой водный раствор витаминов С, В<sub>2</sub> и В<sub>6</sub>, а также хелатных комплексных соединений некоторых микроэлементов. Также в ее состав входили эмульгированные жирорастворимые витамины А, D<sub>3</sub>, Е. Исследования проводили на пчелах из одной пчелиной семьи. Было сформировано 3 группы пчел, по 40 г в садках. 1-я группа получала (в смеси с сахарным сиропом) обычную кормовую добавку, 2-я группа пчел – новую добавку, 3-я группа пчел – сахарный сироп без добавки. В итоге доза витаминов и микроэлементов, полученных пчелами 2-й группы, была в 4 раза меньше по сравнению с 1-й группой. В ходе исследования проведено сравнение эффективности усвоения некоторых элементов (Сi, Fe, Mn, Са, Zn) при использовании новой кормовой добавки. У пчел 2-й группы содержание кальция в организме оказалось выше, чем у пчел 1-й группы, на 0,09 %, что может свидетельствовать о предполагаемом снижении проявления биохимического (физиологического) антагонизма компонентов кормовой добавки при раздельном их скармливании. Среднее содержание цинка и марганца во 2-й группе было лишь незначительно ниже, чем в 1-й (на 2,0 и 4 мг/кг соответственно), меди на 1 мг/кг больше, а содержание железа оказалось одинаковым (70 мг/кг). Содержание кальция в 3-й группе оказалось выше, чем в 1-й (на 0,6 %) и ниже, чем во 2-й группе (на 0,03 %). Это может быть связано с антагонистическим влиянием других веществ (задаваемых вместе) на усвоение кальция при использовании кормовой добавки, приготовленной обычным способом.

**Ключевые слова:** пчеловодство, кормовая добавка, хелатные комплексные соединения, микроэлементы, макроэлементы, витамины.

**Для цитирования:** Определение содержания некоторых микро- и макроэлементов в организме пчел при применении кормовой добавки / Е. А. Михеева, А. В. Шишкин, С. Л. Воробьева [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(75). С. 41-46. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_41-46](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_41-46).

**Актуальность.** Для увеличения силы и продуктивности пчелиных семей, а также повышения устойчивости пчел к факторам внешней среды, широко применяют подкормки, содержащие макро-, микроэлементы и витамины [1, 2, 4]. Однако их рецептуры обычно составлены без учета химического взаимодействия данных веществ, а также их возможного антагонизма и синергизма, что снижает эффективность применения. Это особенно существенно с учетом высокой стоимости данных препаратов.

Микро- и макроэлементы поступают в организм пчел с нектаром, пыльцой, кормовыми добавками, а также из окружающей среды. Содержание элементов в растениях напрямую зависит от содержания таковых в почве [6]. Недостаток или избыток элементов в организме пчел провоцируют различного рода нарушения. Дозированное введение элементов с учетом принципов синергизма – антагонизма позволит повысить продуктивность пчелиных семей, способствовать формированию резистентности к неблагоприятным факторам



окружающей среды и возбудителям болезней пчел [5]. Исходя из этого, нами было сделано предположение, что, устранив указанные недостатки, можно добиться повышения эффективности применения подкормок.

Однако вопрос антагонизма и синергизма микроэлементов и витаминов в организме пчел изучен еще не достаточно. Поэтому при создании кормовой добавки мы ориентировались на данные, полученные в отношении других живых существ. В определенной мере это оправданно с учетом общности механизмов протекания их биохимических процессов [7, 9].

Безусловно, после всестороннего изучения данного вопроса могут быть созданы более эффективные кормовые добавки. Следует также отметить, что биодоступность не является статистическим параметром и может зависеть от ряда факторов [10].

При создании новой подкормки мы использовали следующие решения:

1. Кормовая добавка была разделена на две части с учетом химических свойств используемых веществ, а также их дозировки и предполагаемого антагонизма или синергизма макро-, микроэлементов и витаминов. Одна из частей кормовой добавки была сухой (содержала твердые вещества), а вторая – жидкой. Данные части кормовой добавки хранились в разных емкостях и задавались пчелам в разных кормушках.

2. Использовались (в жидкой части кормовой добавки) хелатные комплексные соединения микроэлементов с умеренной стабильностью. При этом в качестве лигандов были использованы нетоксичные вещества, являющиеся естественными метаболитами. Состав был подобран таким образом, что в растворе могли присутствовать хелатные комплексные соединения разного состава, стабильные при разных условиях. В растворе устанавливалось динамическое химическое равновесие. Если при изменении условий какие-либо комплексные соединения разлагались, то тотчас же происходило образование новых комплексных соединений иного состава. При этом ион (атом) металла-микроэлемента оставался в составе того или иного хелатного комплексного соединения при широком диапазоне условий, например, величины рН. Последнее является важным при использовании кормовой добавки, поскольку величина рН в разных отделах пищеварительной системы пчелы может существенно отличаться. Также

следует учитывать, что хелатные комплексные соединения могут обладать более высокой биодоступностью по сравнению с неорганическими солями не только для млекопитающих, но и для пчел.

3. В состав жидкой части кормовой добавки были включены водорастворимые и жирорастворимые витамины. При этом жирорастворимые витамины были эмульгированы, что, по нашему мнению, должно было позволить существенно повысить их биодоступность. Использовались нетоксичные эмульгаторы, состав которых был подобран таким образом, что происходило образование эмульсий с мицеллами субмикронного размера.

4. Вещества, являющиеся восстановителями, находились в жидкой части кормовой добавки, а вещества, способные их окислять, были вынесены в сухую часть. Это позволило избежать протекания нежелательных химических реакций, способных привести к потере биологической активности ряда компонентов [3, 7].

**Цель исследования** – оценка эффективности использования новых подходов к созданию кормовых добавок для пчел.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- разработать кормовую добавку с использованием всех вышеперечисленных подходов;
- сравнить эффективность усвоения некоторых элементов при использовании новой кормовой добавки и подкормки, созданной по обычной схеме.

**Материал и методы.** *Приготовление кормовых добавок.* Была разработана кормовая добавка с использованием перечисленных выше новых решений. Она состояла из 2 частей, состав которых приводится в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Состав сухой части новой кормовой добавки

Компонент	%
MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	63,438
CaCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	1,488
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	1,519
NaCl	5,136
KCl	3,606
FeSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	0,4
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0,023
Витамин В <sub>1</sub>	0,01
Соевая мука	24,38
Итого	100

В 1 г данной части кормовой добавки также содержится 0,0952 г белков, 0,05126 г жиров, 0,078 г углеводов.

**Таблица 2 – Состав жидкой части новой кормовой добавки**

Вещество	%
Хелатные комплексные соединения Mn, Co, Zn и вещества, необходимые для создания динамического химического равновесия	8,207
Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	1,28
Витамин А*	0,01
Витамин D <sub>3</sub> *	0,004
Витамин Е*	0,02
Эмульгаторы	0,242
Агидол-1	0,02
Витамин В <sub>2</sub>	0,01
Витамин В <sub>6</sub>	0,04
Витамин С	0,037
Пропионовая кислота	0,382
Муравьиная кислота 85 %	0,119
Натрия гидроксид 50 %	до pH = 5,2
Вода	до 100 мл

*Примечание:* \* – в виде микроэмульсии.

В составе жидкой части кормовой добавки присутствовали хелатные комплексные соединения цинка, кобальта и марганца, имеющие разный состав (в том числе различающиеся по набору лигандов). В качестве лигандов могли выступать молочная кислота, глицерин, пропиленгликоль и фруктоза.

Между данными комплексными соединениями в растворе устанавливается динамическое химическое равновесие. Благодаря ему, даже несмотря на достаточно невысокую стабильность данных комплексных соединений, в растворе все время присутствовали те или иные из них, а ионы (атомы) металлов-микроэлементов находились в хелатированном состоянии.

Содержание микроэлементов в составе хелатных комплексных соединений (на 100 мл жидкой части) было следующим: Mn – 19,8 мг; Zn – 9,96 мг; Co – 419,9 мг.

Для сравнения была разработана кормовая добавка, в процессе приготовления которой все компоненты были смешаны вместе. Ее состав представлен в таблице 3. Содержание макро-, микроэлементов и витаминов было подобрано в соответствии с имеющимися аналогами.

**Таблица 3 – Состав кормовой добавки, изготовленной по обычной методике**

Вещество	%
MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	63,435
CaCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	1,488
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	1,519
NaCl	5,136
KCl	3,606
FeSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	0,4
MnSO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	0,031
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0,023
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0,022
CoSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	1
ДАФС	0,66
Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	0,32
Витамин В <sub>1</sub>	0,01
Витамин В <sub>2</sub>	0,005
Витамин В <sub>6</sub>	0,02
Витамин С	0,018
Витамин А	0,005
Витамин D <sub>3</sub>	0,002
Витамин Е	0,01
Соевая мука	22,29
Итого	100

*Ход проведения исследования.* Исследования проводили в начале осени. Полученных из одной пчелиной семьи пчел размещали в отдельные проветриваемые садки 15×15×6 см с пустым сотом (по 40 г пчел в каждый). Пчел в садках содержали в темном месте при температуре 27 °С. Всего в опыте было 3 группы пчел.

Пчелам 1-й группы давали кормовую добавку, приготовленную обычным способом (табл. 3). Ее разводили в 50 % сахарном сиропе из расчета 2 г на 1 л сиропа. В течение 2 дней пчелы получили 2 мл этой смеси (по 1 мл в день). Полученное пчелами за это время количество витаминов, микро- и макроэлементов соответствует их содержанию в 0,004 г неразведенной кормовой добавки.

Пчелы 2-й группы получали кормовую добавку, приготовленную с использованием предложенных решений в течение 2 дней. Ее части разводили разными порциями сахарного сиропа отдельно друг от друга, а полученные смеси помещали в один и тот же садок в двух разных кормушках.

При этом сухая часть была разведена сахарным сиропом из расчета 1 г на 1 л сиропа. Пчелы получили за 2 дня 1 мл данной смеси (по 0,5 мл в день), что соответствует 0,001 г неразведенной сухой части добавки (табл. 1).

Жидкая часть была разведена сахарным сиропом из расчета 0,5 мл на 1 л сиропа. Пчелы 2-й группы получили за 2 дня 1 мл данной смеси (по 0,5 мл в день). Полученное ими за это время количество витаминов и микроэлементов соответствует их содержанию в 0,0005 мл неразведенной сиропом жидкой части кормовой добавки (см. табл. 2).

В итоге доза витаминов и микроэлементов, полученных пчелами 2-й группы, была в 4 раза меньше по сравнению с 1-й группой.

Корм задавали в пластиковые кормушки, из которых пчелы в течение суток забирали его в полном объеме.

После завершения опыта пчел помещали в условия холодильника на 4 часа. Определение количества микро- и макроэлементов проводили на базе АО Агрохимцентр «Удмуртский». Массовую долю меди, цинка, железа, марганца определяли с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии, кальция – комплексонометрическим методом исследования. Подготовку проб осуществляли методом сухого озоления с предварительным формированием навески по 2 г каждая (не менее трех навесок).

**Результаты и обсуждение.** С учетом предполагаемой более высокой биодоступности используемых веществ и вероятного снижения проявления антагонизма, предложенная экспериментальная кормовая добавка задавалась пчелам 2-й группы в дозировке в 4 раза меньшей по содержанию витаминов и микроэлементов по сравнению с 1-й группой. В ходе эксперимента пчелы опытных и контрольной групп получили следующее количество витаминов, микро- и макроэлементов (табл. 4).

После завершения эксперимента в каждой из групп было определено содержание кальция, железа, марганца, цинка и меди. При этом из образца каждой группы пчел делали несколько (не менее 3) навесок по 2 г каждая с последующим сухим озолением образцов. Результаты приводятся в таблице 5.

Несмотря на меньшую в 4 раза дозу соединений элементов, полученную пчелами 2-й группы, содержание кальция в их организме оказалось выше, чем у пчел 1-й группы, на 0,09 %. Это можно связать с предполагаемым снижением проявления биохимического (физиологического) антагонизма компонентов кормовой добавки при раздельном их скармливании пчелам.

Среднее содержание цинка и марганца во 2-й группе было лишь незначительно ниже, чем в 1-й (на 2,0 и 4,0 мг/кг соответственно),

меди на 1,0 мг/кг больше, а содержание железа оказалось одинаковым (70,0 мг/кг). Таким образом, даже при существенном снижении дозировки была достигнута практически одинаковая эффективность. Это свидетельствует о правильности, по крайней мере, части предложенных и реализованных решений.

Таблица 4 – Дозы макро-, микроэлементов и витаминов, полученные пчелами в ходе эксперимента

Элемент	Доза витаминов, микро- и макроэлементов, мг		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа (контрольная)
Ca	0,0212	0,0053	-
Mg	0,3	0,075	-
P	0,0161	0,004025	-
Fe	0,0052	0,00131	-
Mn	0,0004	0,0001*	-
Zn	0,0002	0,00005*	-
Cu	0,00024	0,00006	-
Co	0,0084	0,0021*	-
Se	0,0124	0,0031	-
Витамин В <sub>1</sub>	0,0004	0,0001	-
Витамин В <sub>2</sub>	0,0002	0,00005	-
Витамин В <sub>6</sub>	0,0008	0,0002	-
Витамин С	0,00072	0,00018	-
Витамин А	0,0002	0,00005**	-
Витамин D <sub>3</sub>	0,00008	0,00002**	-
Витамин Е	0,0004	0,0001**	-

Примечание: \* – микроэлемент в составе хелатных комплексных соединений; \*\* – жирорастворимый витамин в составе микроэмульсии.

Таблица 5 – Содержание кальция, железа, меди, марганца, цинка в подморе пчел

Элемент	1-я группа	2-я группа	3-я группа (контрольная)
Ca, %	0,14±0,05	0,23±0,05	0,2±0,05
Zn, мг/кг	46,0±6,0	44,0±6,0	41,0±5,0
Mn, мг/кг	36,0±10,0	32,0±9,0	27,0±8,0
Fe, мг/кг	70,0±16,0	70,0±16,0	55,0±13,0
Cu, мг/кг	9,0±4,0	10,0±4,0	7,0±3,0

В 3-й (контрольной) группе содержание цинка, меди, марганца, железа оказалось ниже, чем в обеих опытных группах. Однако содержание кальция в 3-й группе оказалось выше, чем в 1-й (на 0,6 %) и ниже, чем во 2-й группе (на 0,03 %). Это может быть связано с антагонистическим влиянием других веществ (задаваемых вместе) на усвоение кальция при использовании кормовой добавки, приготовленной обычным способом.

Полученные результаты могут являться основой для дальнейших более детальных исследований в данном направлении. Для наибольшего снижения проявлений предполагаемого антагонизма компонентов кормовой добавки было бы целесообразнее разделить ее не на две, а на большее число частей. Однако это может оказаться не вполне удобным для пчеловодов.

#### Выводы:

1. Использование новой кормовой добавки (в 4 раза меньшей дозировке) позволило достичь практически такого же содержания в организме пчел железа, меди, марганца, цинка, как и при использовании кормовой добавки, приготовленной по обычной схеме. Это свидетельствует о правильности предложенных решений, направленных на повышение биодоступности и снижение проявлений антагонизма соединений данных микроэлементов.

2. Меньшее содержание кальция в организме пчел 1-й группы по сравнению со 2-й группой и контролем может свидетельствовать о наличии его антагонизма с другими веществами, который проявляется при использовании кормовой добавки, приготовленной по обычной схеме.

#### Список источников

1. Буранбаев И. И. Влияние стимулирующих подкормок на хозяйственно полезные признаки пчелиных семей в различных условиях содержания: дис. ... канд. с.-х. наук. Уфа, 2004. С. 3–22.
2. Влияние витаминно-минеральной кормовой добавки на продуктивность медоносных пчел (*Apis mellifera*) / С. Л. Воробьева, Е. А. Михеева, А. В. Шишкин, М. Ю. Попкова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (73). С. 16–21.
3. Новый подход в изготовлении витаминно-минеральных подкормок для медоносных пчел (*Apis mellifera* L.) / Е. А. Михеева, А. В. Шишкин, С. Л. Воробьева [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 11 (188). С. 108–115.
4. Патент RU 2588639 С2 Способ использования органического кальция в качестве кормовой добавки / Брандорф А. З., Ивойлова М. М., Пральников А. В.; заявл. 05.08.2014; опубл. 10.07.2016, Бюл. № 19.
5. Пашаян С. А. Особенности обмена минеральных веществ в организме пчел // Пчеловодство. 2022. № 4. С. 19–20.
6. Пшеничная Е. А. Влияние БАД на содержание тяжелых металлов в теле рабочей пчелы и в меде // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 186–188.
7. Результаты исследований по переваримости *in vitro* и *in situ* создаваемых кормовых добавок / Г. К. Дускаев, Г. И. Левахин, Б. С. Нуржанов

[и др.] // Вестник мясного скотоводства. 2016. № 4 (96). С. 126–131.

8. Результаты садковых опытов по использованию витаминно-минеральной кормовой добавки для пчел / Д. О. Стерхова, Е. А. Михеева, А. В. Шишкин [и др.] // Ветеринарная патология. 2022. № 2 (80). С. 62–68.

9. Сатюкова Л. П., Смирнова И. Р. Влияние макро- и микроэлементов на процессы обмена веществ в организме птицы // Ветеринария. 2014. № 1. С. 43–47.

10. Angle R. Y. Chelated Minerals. Priya Chemicals Adaptation: Expert Milk Editor. Veterinary consultant: A. V. Bystrova. Published 6/11/2020. A source: <https://en.engormix.com/dairy-cattle/articles/chelated-minerals-t45447.htm>.

#### References

1. Buranbaev I. I. Vliyanie stimuliruyushchih podkormok na hozyajstvenno poleznye priznaki pchelinyh semej v razlichnykh usloviyah soderzhaniya: dis. ... kand. s.-h. nauk. Ufa, 2004. S. 3–22.
2. Vliyanie vitaminno-mineral'noj kormovoj dobavki na produktivnost' medonosnyh pchel (*Apis mellifera*) / S. L. Vorob'eva, E. A. Miheeva, A. V. Shishkin, M. Yu. Popkova // Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii. 2023. № 1 (73). S. 16–21.
3. Novyj podhod vizgotovlenii vitaminno-mineral'nyh podkormok dlya medonosnyh pchel (*Apis mellifera* L.) / E. A. Miheeva, A. V. Shishkin, S. L. Vorob'eva [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2022. № 11 (188). S. 108–115.
4. Patent RU 2588639 S2 Sposob ispol'zovaniya organicheskogo kal'ciya v kachestve kormovoj dobavki / Brandorf A. Z., Ivojlova M. M., Pral'nikov A. V.; zavavl. 05.08.2014; opubl. 10.07.2016, Byul. № 19.
5. Pashayan S. A. Osobennosti obmena mineral'nyh veshchestv v organizme pchel // Pchelovodstvo. 2022. № 4. S. 19–20.
6. Pshenichnaya E. A. Vliyanie BAD na soderzhanie tyazhelykh metallov v tele rabochej pchely i v mede // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 5 (67). S. 186–188.
7. Rezul'taty issledovaniy po perevarimosti *in vitro* i *in situ* sozdavaemykh kormovykh dobavok / G. K. Duskaev, G. I. Levahin, B. S. Nurzhanov [i dr.] // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2016. № 4 (96). S. 126–131.
8. Rezul'taty sadkovykh opytov po ispol'zovaniyu vitaminno-mineral'noj kormovoj dobavki dlya pchel / D. O. Sterhova, E. A. Miheeva, A. V. Shishkin [i dr.] // Veterinarnaya patologiya. 2022. № 2 (80). S. 62–68.
9. Satyukova L. P., Smirnova I. R. Vliyanie makro- i mikroelementov na processy obmena veshchestv v organizme pticy // Veterinariya. 2014. № 1. S. 43–47.
10. Angle R. Y. Chelated Minerals. Priya Chemicals Adaptation: Expert Milk Editor. Veterinary consultant: A. V. Bystrova. Published 6/11/2020. A source: <https://en.engormix.com/dairy-cattle/articles/chelated-minerals-t45447.htm>.



**Сведения об авторах:**

**Е. А. Михеева**<sup>1✉</sup>, кандидат ветеринарных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-9274-5856>;

**А. В. Шишкин**<sup>2</sup>, доктор медицинских наук, ведущий химик-разработчик, <https://orcid.org/0000-0001-9720-5042>;

**С. Л. Воробьева**<sup>3</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-5640-3472>;

**К. Л. Шкляев**<sup>4</sup>, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2458-7267>;

**М. Ю. Попкова**<sup>5</sup>, аспирант, <https://orcid.org/0009-0006-3492-537X>

<sup>1,3,4,5</sup>Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

<sup>2</sup>ООО «Производственная компания Изсинтез-Химпром», ул. Орджоникидзе, 2, Ижевск, Россия, 426063

<sup>1</sup>mikhkatia@yandex.ru

Original article

## DETERMINATION OF SOME MICRO- AND MACRO-ELEMENTS IN THE BODY OF BEES WHEN USING A FEED ADDITIVE

**Ekaterina A. Mikheeva**<sup>1✉</sup>, **Alexander V. Shishkin**<sup>2</sup>, **Svetlana L. Vorobieva**<sup>3</sup>,  
**Konstantin L. Shklyayev**<sup>4</sup>, **Marina Yu. Popkova**<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>2</sup>Production company Izhsintez-Khimprom, Izhevsk, Russia

<sup>1</sup>mikhkatia@yandex.ru

**Abstract.** *The formulations of modern feed additives for bees are often compiled without taking into account the chemical interaction of the components, their possible antagonism and synergy, which reduces the effectiveness of their application. The purpose of the study was to evaluate the effectiveness of using new approaches to the formulating feed additives for bees. The feed additive composition was divided into two parts. One part was dry and contained salts of some micro and macro elements, as well as soy flour. The second part was liquid and was an aqueous solution of vitamins C, B<sub>2</sub> and B<sub>6</sub>, as well as chelate complex compounds of some microelements. In addition, it included emulsified fat-soluble vitamins A, D<sub>3</sub>, E. The studies were carried out on bees from one bee colony. Three groups of bees of 40 g in cages were formed. The first group received a feed additive prepared in the usual way (mixed with sugar syrup); the second group of bees received a new feed additive; the third group of bees – sugar syrup without feed additives. As a result, the dose of vitamins and microelements received by the bees of the 2nd group was 4 times less compared to the 1st group. During the study a comparison was made of the efficiency of uptake of some elements (Cu, Fe, Mn, Ca, Zn) when using a new feed additive. The bees of the 2nd group turned out to have the calcium content in the body higher than in the bees of the 1st group by 0.09 %, which may indicate a supposed decrease in the biochemical (physiological) antagonism of the components of the feed additive when they are fed separately. The average content of zinc and manganese in the 2nd group was only slightly lower than in the 1st group (by 2.0 and 4 mg/kg, respectively), copper was 1 mg/kg more, and the iron content was the same (70 mg/kg). The calcium content in the 3rd group was higher than in the 1st group (by 0.6 %) and lower than in the 2nd group (by 0.03 %). This may be due to the antagonistic effect of other substances (given together) on the absorption of calcium when using a feed additive prepared in the usual way.*

**Key words:** *beekeeping, feed additive, chelate complex compounds, micro-elements, macro-elements, vitamins.*

**For citation:** *Mikheeva E. A., Shishkin A. V., Vorobieva S. L., Shklyayev K. L., Popkova M. Yu. Determination of some micro- and macro-elements in the body of bees when using a feed additive. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 3(75): 41-46. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_41-46](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_41-46).*

**Authors:**

**E. A. Mikheeva**<sup>1✉</sup>, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-9274-5856>;

**A. V. Shishkin**<sup>2</sup>, Doctor of Medical Sciences, Leading Chemist Developer, <https://orcid.org/0000-0001-9720-5042>;

**S. L. Vorobieva**<sup>3</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5640-3472>;

**K. L. Shklyayev**<sup>4</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-2458-7267>;

**M. Yu. Popkova**<sup>5</sup>, Postgraduate student, <https://orcid.org/0009-0006-3492-537X>

<sup>1,3,4,5</sup>Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya st., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>2</sup>Production company Izhsintez-Khimprom, 2 Ordzhonikidze st., Izhevsk, Russia, 426063

<sup>1</sup>mikhkatia@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 20.07.2023; одобрена после рецензирования 16.08.2023;

принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 20.07.2023; approved after reviewing 16.08.2023; accepted for publication 18.09.2023.

## О НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАМЫ КУЛЬТИВАТОРА БПК-12

Дородов Павел Владимирович , Хакимов Ильшат Тагирович

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

 pvd80@mail.ru

**Аннотация.** Повышение несущей способности конструктивных элементов рамы почвообрабатывающей машины является актуальной проблемой механизации сельскохозяйственного производства. Целью работы является теоретическое исследование прочности наиболее нагруженных конструктивных элементов рамы культиватора. Для достижения поставленной цели были рассчитаны эксплуатационные нагрузки на раму, возникающие от сопротивления движению культиватора; рассчитаны на прочность элементы конструкции, которые потеряли несущую способность в виде появления значительной остаточной деформации и вязкого разрушения; дана оценка надежности конструкции при различных условиях эксплуатации культиватора. Одним из наиболее эффективных численных методов для расчета деталей машин является метод конечных элементов. Однако адекватность решения данного метода существенно зависит от правильности задания граничных условий, исходя из экспериментов или интуитивного подхода. Неправильный подбор граничных условий приводит к существенному отклонению теоретического решения от реального напряженно-деформированного состояния элемента конструкции. Аналитические методы по-прежнему находят широкое применение, однако, в случае статически неопределимых конструкций их также можно свести к системам алгебраических уравнений, решить которые можно при помощи любого аналитического пакета программ. Таким образом, уточнение существующих методик расчета узлов является актуальной задачей при проектировании и модернизации сельскохозяйственных машин. Все рассчитываемые балки, ригели и полурама культиватора являются статически неопределимыми конструкциями. Для раскрытия статической неопределимости использовались энергетические методы: применение уравнения трех моментов для смежных пролетов балок и метод Кастельяно для опорных сечений полурамы. Расчеты показали, что при нормальных условиях эксплуатации культиватора размеры поперечных сечений элементов рамы обеспечивают его работу с запасом прочности, превышающим нормативный в 1,1...1,3 раза. Разрушение элементов рамы и их сопряжений связано с перераспределением внешних сил между ними вследствие потери несущей способности основной поперечной балки полурамы из-за интенсивного динамического нагружения, а также неправильной транспортировки культиватора.

**Ключевые слова:** культиватор, рама, разрушение, несущая способность, надежность, расчет на прочность.

**Для цитирования:** Дородов П. В., Хакимов И. Т. О несущей способности рамы культиватора БПК-12 // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(75). С. 47-55. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_47-55](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_47-55).

**Актуальность.** Повышение показателей надежности сельхозмашин неразрывно связано с изучением процессов разрушения их деталей и узлов в рабочих условиях и разработкой методов уточненного расчета элементов конструкции на несущую способность [4]. Тенденция повышения рабочих скоростей, снижения металлоемкости, повышения безотказности узлов современных машин неразрывно связана с проблемой повышения прочности и усталостной долговечности их деталей и рабочих органов, от которых зависит качество

выполняемого технологического процесса. При эксплуатации узлы и детали сельхозтехники подвергаются динамическим нагрузкам, коррозии, абразивному износу. Выход из строя элементов конструкции сельскохозяйственных машин, помимо затрат средств на их ремонт и изготовление запасных частей, вызывает также большие простои в периоды выполнения полевых работ. Поэтому повышение несущей способности, усталостной долговечности деталей и конструктивных элементов машины является одной из актуальных про-

блем механизации сельскохозяйственного производства [1, 2, 4, 7, 9–11].

Рама любой почвообрабатывающей машины является главной несущей конструкцией, воспринимающей все нагрузки при движении агрегата, и служит основанием для крепления узлов и рабочих органов. Рама должна обладать высокой изгибной жесткостью, прочностью, выносливостью при ограниченной массе, а также рациональной конструкцией, позволяющей наилучшим образом разместить узлы и рабочие органы [2, 9, 11]. Неправильный ее расчет на прочность и усталость при проектировании снижает показатели конструкционной надежности сельхозмашины в целом [2, 3].

Так, в процессе эксплуатации культиватора БПК-12-230-Б-ШКСП (рис. 1) потеряли несущую способность элементы рамы, показанные на рисунке 2 под цифрами I, II, III, а также места их соединений (рис. 3).

Целью работы является теоретическое исследование прочности наиболее нагруженных конструктивных элементов рамы культиватора БПК-12.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: рассчитать эксплуатационные нагрузки на раму, возникающие от сопротивления движению культиватора; рассчитать на прочность элементы конструкции, которые потеряли несущую способность в виде появления значительной остаточной деформации и вязкого разрушения; дать оценку надежности конструкции при различных условиях эксплуатации культиватора.



Рисунок 1 – Культиватор БПК-12-230-Б-ШКСП в транспортном положении

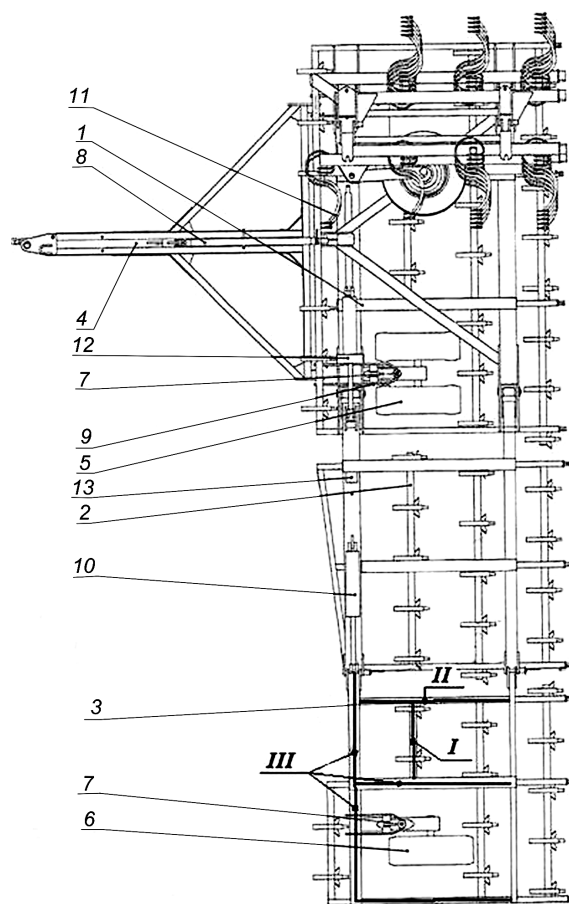


Рисунок 2 – Схема культиватора БПК-12-230-Б-ШКСП и его элементы конструкции I, II, III, потерявшие несущую способность:

1 – рама центральная; 2 – крыло среднее (левое / правое); 3 – крыло крайнее (левое / правое); 4 – прицеп; 5 – шасси рамы; 6 – шасси крыла (левое / правое); 7 – механизм регулировки глубины; 8 – механизм выравнивания рамы; 9 – фиксатор шасси; 10 – гидросистема; 11 – рабочие органы; 12 – фиксатор крыльев к раме; 13 – фиксатор крыльев; I – поперечный ригель крыла крайнего; II – продольный ригель крыла крайнего; III – полурама крыла крайнего

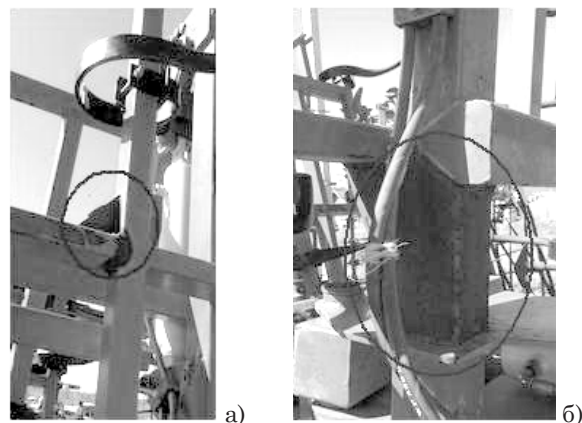


Рисунок 3 – Восстановленный упрочняющим элементом (косынкой) стык поперечного I и продольного II ригелей (а) и восстановленный участок балки и ригеля полурамы III (б)



**Методы исследования.** В ряду наиболее эффективных численных методов для расчета деталей машиностроительных конструкций являются метод конечных элементов (МКЭ) и метод конечных разностей (МКР). Применение МКЭ и МКР при расчетах пространственных конструкций позволяет рассчитывать реактивные силы, напряжения, абсолютные и относительные деформации, а также представлять их графически в виде эпюр. С помощью этих методов можно исследовать конструкции практически любой формы и оценивать напряженно-деформированное состояние всей конструкции и отдельных элементов. Решение задач МКЭ и МКР в статической постановке в конечном итоге сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений [2, 3, 5, 6]. Однако адекватность решения существенно зависит от правильности задания граничных условий, исходя из экспериментальных данных или интуитивного подхода. Неправильный подбор граничных условий приводит к существенному отклонению теоретического решения от реального напряженно-деформированного состояния элемента конструкции [3].

Аналитические методы, в которых решение задачи выглядит в виде конечных уравнений или систем, по-прежнему находят широкое применение, однако, в случае статически неопределимых конструкций их также можно свести к системам алгебраических уравнений, решить которые можно при помощи любого аналитического пакета программ, например, Maple.

Таким образом, уточнение существующих методик расчета деталей и оптимизации их сопряжений является актуальной задачей при проектировании и модернизации сельскохозяйственных машин [3–7].

**Результаты исследования.** Отремонтированный культиватор БПК-12 агрегатировался с трактором Valtra S374 мощностью  $N_T = 265$  кВт (360,4 л.с.). Рабочая скорость культиватора  $V = 12$  км/ч = 3,33 м/с при коэффициенте полезного действия трансмиссии не более  $h = 0,9$  [9].

Тяговое усилие  $P_0$  на сцепном устройстве культиватора при рабочих условиях не превышает значения

$$P_0 = \frac{N \times \eta}{V} = \frac{265 \times 0,9}{3,33} = 71,5 \text{ кН.} \quad (1)$$

Культиватор оснащен лапами шириной 230 мм, их количество равно  $i = 65$  штук. Нагрузка на отдельную культиваторную лапу составляет

$$P = \frac{P_0}{i} = \frac{71,5 \times 10^3}{65} = 1100 \text{ Н.} \quad (2)$$

Расчет на прочность поперечного ригеля I. Расчетная схема ригеля представлена на рисунке 4.

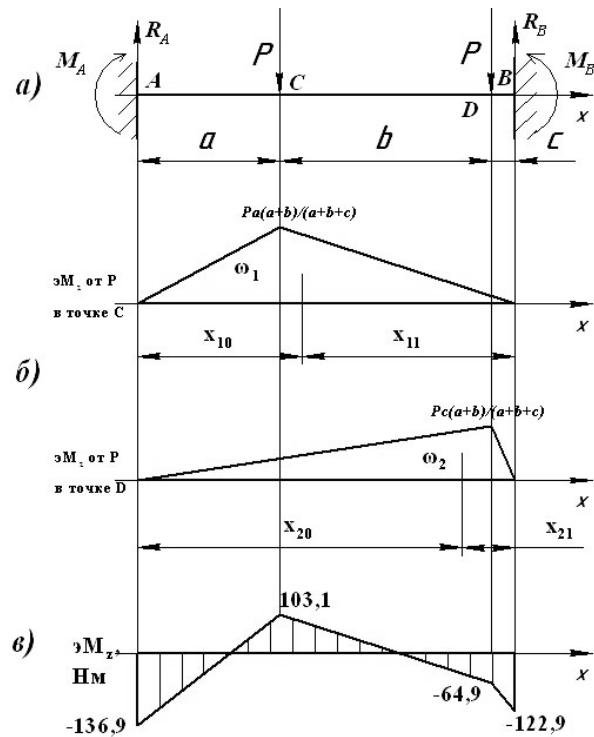


Рисунок 4 – Расчетная схема поперечного ригеля I (а) и эпюры изгибающих моментов для раскрытия статической неопределенности (б), а также результирующая эпюра изгибающих моментов (в)

Данные для расчета:  $P = 1100$  Н (максимально возможная эксплуатационная нагрузка),  $a = 0,32$  м,  $b = 0,48$  м,  $c = 0,04$  м.

Раскрываем статическую неопределенность при помощи уравнений трех моментов [5], составленных:

- 1) для жесткой заделки A (пролет нулевой длины) и пролета AB;
- 2) для пролета AB и жесткой заделки B (пролет нулевой длины).

Для смежных пролетов 1) имеем:

$$2M_A + M_B = - \frac{6(\omega_1 x_{11} + \omega_2 x_{21})}{(a + b + c)^2},$$

где  $M_A, M_B$  – реактивные моменты в заделках A и B соответственно;

$$\omega_1 = Pa(b + c)/2;$$

$$\omega_2 = Pc(a + b)/2;$$

$$x_{11} = (2(b + c) + a)/3;$$

$$x_{21} = (2c + a + b)/3.$$



После подстановки численных значений получим:

$$2M_A + M_B = -396,7 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3)$$

Для смежных пролетов 2) имеем:

$$M_A + 2M_B = -\frac{6(\omega_1 x_{10} + \omega_2 x_{20})}{(a+b+c)^2},$$

где  $x_{10} = (2a + b + c)/3$ ;  
 $x_{20} = (2(a + b) + c)/3$ .

После подстановки численных значений получим:

$$M_A + 2M_B = -382,7 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (4)$$

Решая систему уравнений (3) и (4), имеем:  $M_A = -136,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $M_B = -122,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

Из уравнений равновесия получим реакции в заделках:  $R_A = 750 \text{ Н}$ ,  $R_B = 1450 \text{ Н}$ .

Эти значения позволяют построить результирующую эпюру изгибающих моментов (нижняя эпюра на рис. 4).

Записываем условие прочности:

$$\sigma_{max} = \frac{|M_z|_{max}}{W_z} \leq [\sigma], \quad (5)$$

где  $|M_z|_{max} = 136,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; допускаяемое значение нормальных напряжений при статической нагрузке  $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$ ; осевой момент сопротивления для профильной трубы с размерами  $S = 60 \text{ мм}$ , и  $H = 40 \text{ мм}$  (рис. 5).

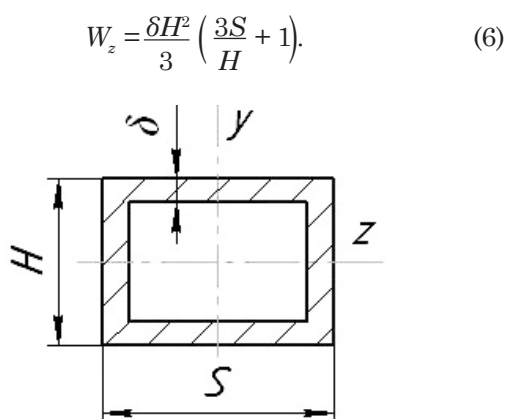


Рисунок 5 – Поперечное сечение ригеля I

Тогда толщина стенки профильной трубы при статической нагрузке:

$$\delta_c \geq \frac{3|M_z|_{max}}{[\sigma]H^2 \left(\frac{3S}{H} + 1\right)} = 0,4 \text{ мм}. \quad (7)$$

Сварной шов в опасном сечении образует галтель с относительным радиусом скругления  $\rho = 0,125$ , для которого коэффициент концентрации напряжений  $\alpha_k = 1,9$  [8]. Тогда максимальные напряжения  $\sigma_{max}$ , с учетом их концентрации, увеличиваются в  $\alpha_k$  раз, а толщина стенки должна составлять не менее

$$\delta = \alpha_k \delta_c = 0,76 \text{ мм}. \quad (8)$$

Согласно ГОСТ 8645-68 минимальная толщина стенки составляет 1,5 мм. Тогда минимальный коэффициент динамичности будет  $K_D = 1,5/0,76 = 2$ . В сельхозмашиностроении табличное значение  $K_D$  изменяется от 1,5, при мягких условиях динамической эксплуатации, до 6 – при тяжелых условиях динамической эксплуатации [11]. То есть при мягких условиях эксплуатации ригель будет работать вполне надежно, но при переменной скорости движения агрегата и внезапно возникающих сопротивлениях запас прочности ригеля может оказаться недостаточным, что в реальности привело к потере несущей способности в местах действия максимальных напряжений.

Расчет на прочность продольного ригеля II. Расчетная схема ригеля представлена на рисунке 6.

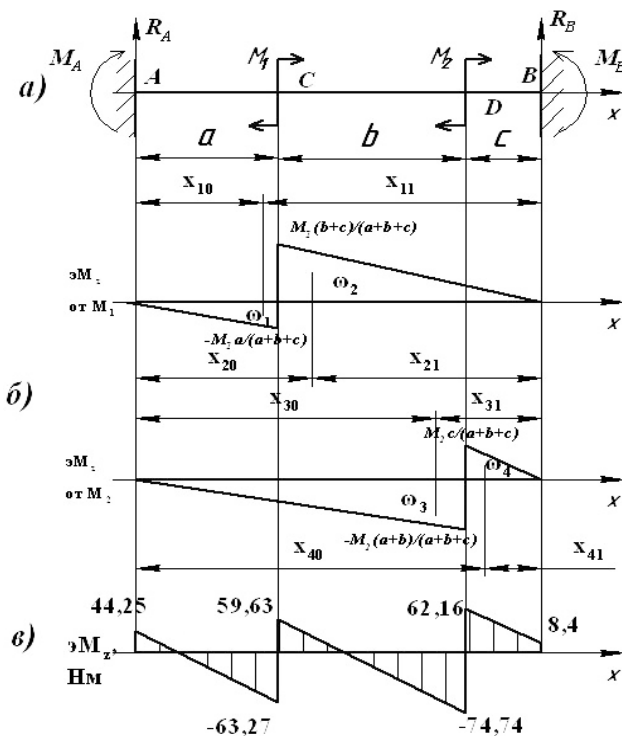


Рисунок 6 – Расчетная схема продольного ригеля II (а) и эпюры изгибающих моментов для раскрытия статической неопределенности (б), а также результирующая эпюра изгибающих моментов (в)

Данные для расчета:  $M_1 = 122,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $M_2 = 136,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $a = 0,48 \text{ м}$ ;  $b = 0,60 \text{ м}$ ;  $c = 0,24 \text{ м}$ .

Раскрываем статическую неопределимость при помощи уравнений трех моментов, составленных:

1) для жесткой заделки  $A$  (пролет нулевой длины) и пролета  $AB$ ;

2) для пролета  $AB$  и жесткой заделки  $B$  (пролет нулевой длины).

Для смежных пролетов 1) имеем:

$$2M_A + M_B = - \frac{6(\omega_1 x_{11} + \omega_2 x_{21} + \omega_3 x_{31} + \omega_4 x_{41})}{(a + b + c)^2},$$

где  $M_A, M_B$  – реактивные моменты в заделках  $A$  и  $B$  соответственно;

$$\begin{aligned} \omega_1 &= -M_1 a^2 / (2(a + b + c)); \\ \omega_2 &= M_1 (b + c)^2 / (2(a + b + c)); \\ \omega_3 &= -M_2 (a + b)^2 / (2(a + b + c)); \\ \omega_4 &= M_2 c^2 / (2(a + b + c)); \\ x_{11} &= b + c + a/3; \\ x_{21} &= 2(c + b)/3; \\ x_{31} &= c + (a + b)/3; \\ x_{41} &= 2c/3. \end{aligned}$$

После подстановки численных значений получим:

$$2M_A + M_B = 96,9 \text{ Н}\cdot\text{м}. \tag{9}$$

Для смежных пролетов 2) имеем:

$$M_A + 2M_B = - \frac{6(\omega_1 x_{10} + \omega_2 x_{20} + \omega_3 x_{30} + \omega_4 x_{40})}{(a + b + c)^2},$$

где  $x_{10} = 2a/3$ ;  
 $x_{20} = a + (c + b)/3$ ;  
 $x_{30} = 2(a + b)/3$ ;  
 $x_{40} = a + b + c/3$ .

После подстановки численных значений получим:

$$M_A + 2M_B = 61,05 \text{ Н}\cdot\text{м}. \tag{10}$$

Решая систему уравнений (9) и (10), имеем:

$$M_A = 44,25 \text{ Н}\cdot\text{м}, M_B = 8,04 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Из уравнений равновесия получим реакции в заделках:

$$R_A = -224 \text{ Н}, R_B = 224 \text{ Н}.$$

И моменты в сечениях  $C$  и  $D$ :

$$M_C = -63,27 \text{ Н}\cdot\text{м}, M_D = 62,16 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Эти значения позволяют построить результирующую эпюру изгибающих моментов (нижняя эпюра на рис. 6).

При  $|M_z|_{max} = 74,74 \text{ Н}\cdot\text{м}$  для профильной трубы с размерами  $S = 60 \text{ мм}$ ,  $H = 40 \text{ мм}$  (рис. 5) имеем:

$$\delta_c \geq \frac{3|M_z|_{max}}{[\sigma]H^2 \left(\frac{3S}{H} + 1\right)} = 0,22 \text{ мм}. \tag{11}$$

При коэффициенте концентрации напряжений  $\alpha_\kappa = 1,9$  толщина стенки

$$\delta = \alpha_\kappa \delta_c \geq 0,42 \text{ мм}. \tag{12}$$

Здесь минимальный коэффициент динамичности  $K_d = 1,5/0,42 = 3,6$ , что соответствует средним условиям динамической эксплуатации. Потеря несущей способности элемента может возникнуть вследствие работы на тяжелых по гранулометрическому составу почвах, удара или несоответствия ГОСТу механических свойств материала ригеля.

Расчет на прочность полурамы III. Расчетная схема полурамы представлена на рисунке 7.

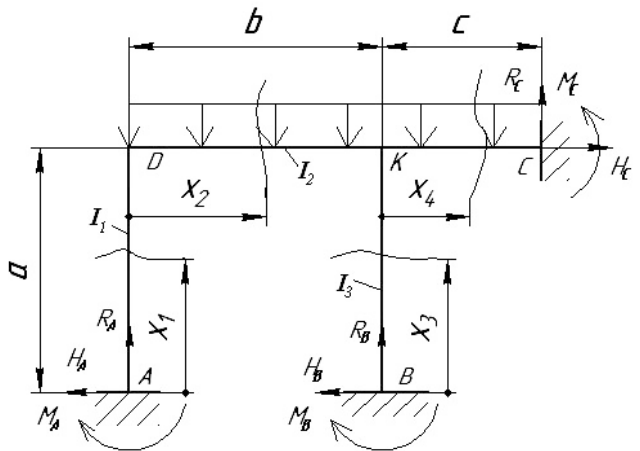


Рисунок 7 – Расчетная схема полурамы III:

- $I_1$  – осевой момент инерции поперечного сечения профильной трубы 60×40;
- $I_2$  – осевой момент инерции поперечного сечения профильной трубы 60×60;
- $I_3$  – осевой момент инерции поперечного сечения профильной трубы 150×100

Данные для расчета:  $a = 0,96 \text{ м}$ ;  $b = 1,08 \text{ м}$ ;  $c = 0,72 \text{ м}$ ; количество лап на полураме равно 13; распределенная нагрузка  $q = 13P/(b + c) = 7944,4 \text{ Н/м}$ .

Обозначим отношения моментов инерции сечений через коэффициенты  $k_3 = I_3/I_1$ ,  $k_2 = I_2/I_1$ ,  $k = I_2/I_3$ . Так как толщина стенок труб неизвестна, принимаем моменты инер-

ции как для сплошных сечений, то есть имеем:  $k_3 = 3,4; k_2 = 87,9; k = 25,8$ .

Конструкция полурамы является шесть раз статически неопределимой. Для ее раскрытия составим шесть уравнений из условий совместности деформаций по методу Кастельяно [5]:

$$f_A^I = \frac{1}{EI_1} \left( \int_0^a M_{z1} \frac{\partial M_{z1}}{\partial H_A} dx_1 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z2} \frac{\partial M_{z2}}{\partial H_A} dx_2 + \frac{1}{k_3} \int_0^a M_{z3} \frac{\partial M_{z3}}{\partial H_A} dx_3 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z4} \frac{\partial M_{z4}}{\partial H_A} dx_4 \right) = 0; \quad (13)$$

$$f_A^B = \frac{1}{EI_1} \left( \int_0^a M_{z1} \frac{\partial M_{z1}}{\partial R_A} dx_1 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z2} \frac{\partial M_{z2}}{\partial R_A} dx_2 + \frac{1}{k_3} \int_0^a M_{z3} \frac{\partial M_{z3}}{\partial R_A} dx_3 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z4} \frac{\partial M_{z4}}{\partial R_A} dx_4 \right) = 0; \quad (14)$$

$$\theta_A = \frac{1}{EI_1} \left( \int_0^a M_{z1} \frac{\partial M_{z1}}{\partial M_A} dx_1 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z2} \frac{\partial M_{z2}}{\partial M_A} dx_2 + \frac{1}{k_3} \int_0^a M_{z3} \frac{\partial M_{z3}}{\partial M_A} dx_3 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z4} \frac{\partial M_{z4}}{\partial M_A} dx_4 \right) = 0; \quad (15)$$

$$f_B^I = \frac{1}{EI_1} \left( \int_0^a M_{z1} \frac{\partial M_{z1}}{\partial H_B} dx_1 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z2} \frac{\partial M_{z2}}{\partial H_B} dx_2 + \frac{1}{k_3} \int_0^a M_{z3} \frac{\partial M_{z3}}{\partial H_B} dx_3 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z4} \frac{\partial M_{z4}}{\partial H_B} dx_4 \right) = 0; \quad (16)$$

$$f_B^B = \frac{1}{EI_1} \left( \int_0^a M_{z1} \frac{\partial M_{z1}}{\partial R_B} dx_1 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z2} \frac{\partial M_{z2}}{\partial R_B} dx_2 + \frac{1}{k_3} \int_0^a M_{z3} \frac{\partial M_{z3}}{\partial R_B} dx_3 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z4} \frac{\partial M_{z4}}{\partial R_B} dx_4 \right) = 0; \quad (17)$$

$$\theta_B = \frac{1}{EI_1} \left( \int_0^a M_{z1} \frac{\partial M_{z1}}{\partial M_B} dx_1 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z2} \frac{\partial M_{z2}}{\partial M_B} dx_2 + \frac{1}{k_3} \int_0^a M_{z3} \frac{\partial M_{z3}}{\partial M_B} dx_3 + \frac{1}{k_2} \int_0^b M_{z4} \frac{\partial M_{z4}}{\partial M_B} dx_4 \right) = 0; \quad (18)$$

где  $f^I, f^B$  – линейные перемещения сечений в горизонтальном и вертикальном направлении соответственно;

$\theta$  – угол поворота поперечного сечения;

$M_{zi}$  – изгибающий момент на  $i$ -том участке;

$E$  – модуль упругости.

Здесь

$$M_{z1} = H_A x_1 + M_A;$$

$$M_{z2} = H_A a + M_A + R_A x_2 - \frac{q x_2^2}{2};$$

$$M_{z3} = H_B x_3 + M_B;$$

$$M_{z4} = H_A a + M_A + R_A (b + x_4) + H_B a + M_B + R_B x_4 - \frac{q (b + x_4)^2}{2};$$

$$\frac{\partial M_{z1}}{\partial H_A} = x_1; \frac{\partial M_{z2}}{\partial H_A} = a; \frac{\partial M_{z3}}{\partial H_A} = 0; \frac{\partial M_{z4}}{\partial H_A} = a;$$

$$\frac{\partial M_{z1}}{\partial R_A} = 0; \frac{\partial M_{z2}}{\partial R_A} = x_2; \frac{\partial M_{z3}}{\partial R_A} = 0; \frac{\partial M_{z4}}{\partial R_A} = b + x_4;$$

$$\frac{\partial M_{z1}}{\partial M_A} = 1; \frac{\partial M_{z2}}{\partial M_A} = 1; \frac{\partial M_{z3}}{\partial M_A} = 0; \frac{\partial M_{z4}}{\partial M_A} = 1;$$

$$\frac{\partial M_{z1}}{\partial H_B} = 0; \frac{\partial M_{z2}}{\partial H_B} = 0; \frac{\partial M_{z3}}{\partial H_B} = x_3; \frac{\partial M_{z4}}{\partial H_B} = a;$$

$$\frac{\partial M_{z1}}{\partial R_B} = 0; \frac{\partial M_{z2}}{\partial R_B} = 0; \frac{\partial M_{z3}}{\partial R_B} = 0; \frac{\partial M_{z4}}{\partial R_B} = x_4;$$

$$\frac{\partial M_{z1}}{\partial M_B} = 0; \frac{\partial M_{z2}}{\partial M_B} = 0; \frac{\partial M_{z3}}{\partial M_B} = 1; \frac{\partial M_{z4}}{\partial M_B} = 1.$$

Подставляя последнее в систему уравнений (13)...(18) с численными значениями, после интегрирования имеем:

$$0,32H_A + 6,4 \times 10^{-3}R_A + 0,48M_A + 7,5 \times 10^{-3}H_B + 2,8 \times 10^{-3}R_B + 7,8 \times 10^{-3}M_B = 84,33 \text{ Нм}^3; \quad (19)$$

$$1,56H_A + 2,08R_A + 1,62M_A + H_B + 0,4R_B + 1,62M_B = 9056,6 \text{ Нм}^3; \quad (20)$$

$$0,48H_A + 18,4 \times 10^{-3}R_A + 0,98M_A + 7,8 \times 10^{-3}H_B + 3 \times 10^{-3}R_B + 8,2 \times 10^{-3}M_B = 87,66 \text{ Нм}^2; \quad (21)$$

$$26 \times 10^{-3}H_A + 38,6 \times 10^{-3}R_A + 26,8 \times 10^{-3}M_A + 0,32H_B + 9,6 \times 10^{-3}R_B + 0,487M_B = 224,6 \text{ Нм}^3; \quad (22)$$

$$0,25H_A + 0,4R_A + 0,26M_A + 0,25H_B + 0,12R_B + 0,26M_B = 2551,5 \text{ Нм}^3; \quad (23)$$

$$26,8 \times 10^{-3}H_A + 40,3 \times 10^{-3}R_A + 27,9 \times 10^{-3}M_A + 0,49H_B + 10 \times 10^{-3}R_B + 0,99M_B = 272,5 \text{ Нм}^2. \quad (24)$$

Численное решение системы (19)...(24) в среде пакета программ Maple дает следующее значение реактивных сил и моментов:

$$H_A = 202,1 \text{ Н}; R_A = 525,9 \text{ Н}; M_A = -78,4 \text{ Нм}; H_B = -141 \text{ Н}; R_B = 19\,279,9 \text{ Н}; M_B = 125,6 \text{ Нм}.$$

Полученные данные позволяют построить эпюру изгибающих моментов, которая представлена на рисунке 8.

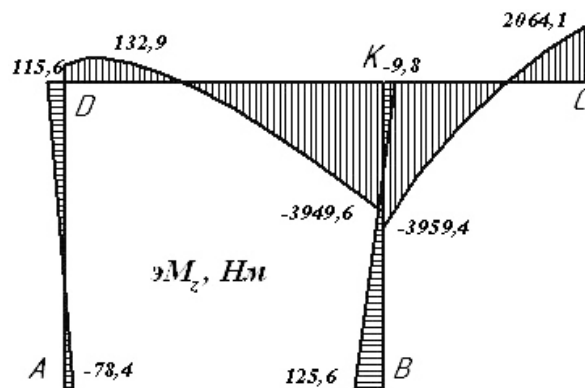


Рисунок 8 – Эпюра изгибающих моментов для полурамы III

Рассчитаем на прочность продольный ригель  $AD$ . Его сечение показано на рисунке 5, с размерами  $S = 60$  мм,  $H = 40$  мм и толщиной стенки  $\delta$ .

Условие прочности имеет вид:

$$\sigma_{max} = \left( \frac{|N_x|}{F} + \frac{|M_z|}{W_z} \right)_{max} = \left( \frac{R_A}{2\delta(S+H)} + \frac{3M_{zD}}{\delta H^2 \left( \frac{3S}{H} + 1 \right)} \right) \leq [\sigma], \quad (25)$$

где  $F$  – площадь сечения;

$$M_{zD} = 115,6 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Откуда толщина стенки при статической нагрузке и коэффициенте концентрации напряжений  $\alpha_k = 1,9$ :

$$\delta \geq \frac{\alpha_k}{[\sigma]} \left( \frac{R_A}{2\delta(S+H)} + \frac{3|M_z|_{max}}{H^2 \left( \frac{3S}{H} + 1 \right)} \right) = 0,66 \text{ мм}. \quad (26)$$

Здесь минимальный динамический коэффициент составляет  $K_\delta = 1,5/0,66 = 2,3$ , что соответствует средним условиям динамической эксплуатации.

Рассчитаем на прочность продольный ригель  $BK$ . Его сечение квадратное со стороной  $S = 60$  мм, толщиной стенки  $\delta$ . Из условия прочности при  $N_x = -R_B = -19\,279,9$  Н,  $M_{zmax} = M_B = 125,6$  Н·м,  $\alpha_k = 1,9$  имеем:

$$\delta \geq \frac{\alpha_k}{[\sigma]} \left( \frac{R_B}{4S} + \frac{3M_B}{4S^2} \right) = 1,7 \text{ мм}. \quad (27)$$

Согласно ГОСТ 8639-82 минимальная толщина стенки составляет 2 мм. Тогда минимальный динамический коэффициент составляет  $K_\delta = 2/1,7 = 1,17 < 1,5$ , что в условиях динамического нагружения при эксплуатации является достаточным.

Рассчитаем на прочность поперечную балку  $DC$ . Ее сечение имеет размеры  $S = 150$  мм,  $H = 100$  мм и толщина стенки  $\delta$ .

Из условия прочности при  $|M_z|_{max} = 3959,4$  Н·м и  $\alpha_k = 1,9$  имеем:

$$\delta \geq \frac{\alpha_k 3|M_z|_{max}}{[\sigma] S^2 \left( \frac{3H}{S} + 1 \right)} = 2,8 \text{ мм}. \quad (28)$$

Согласно ГОСТ 8645-68 минимальная толщина стенки такой трубы составляет 4 мм. Тогда минимальный динамический коэффициент будет  $K_\delta = 4/2,8 = 1,4 < 1,5$ , что в услови-

ях динамического нагружения при эксплуатации является достаточным.

#### Выводы:

1. Расчеты показали, что при нормальных условиях эксплуатации культиватора размеры поперечных сечений элементов рамы обеспечивают его работу с запасом прочности, превышающим нормативный в 1,1...1,3 раза.

2. Разрушение элементов рамы и их сопряжений связано с неправильной транспортировкой, с возможным нарушением технологии изготовления культиватора и отклонением механических характеристик материала, что привело к потере несущей способности основной поперечной балки полурамы III вследствие интенсивного динамического нагружения (так как запас прочности составил лишь 10 % от нормативного при мягких условиях работы) и, соответственно, к перегрузке других балок и ригелей.

#### Список источников

1. Апажев А. К. Совершенствование соединений рабочих органов лемешных плугов для улучшения качественных и энергетических показателей пахоты: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: дис. ... канд. техн. наук / Апажев Аслан Каральбиевич. Нальчик, 2002. 176 с.
2. Байбулов А. К. Расчет напряженно-деформированного состояния рамы навесного плуга // Молодой ученый. 2018. № 23 (209). С. 193–195.
3. Дородов П. В. Расчет деталей машин с концентраторами напряжений и оптимизация их формы. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. 182 с.
4. Егожев А. М. Технические и конструктивные решения по повышению работоспособности лемешных плугов: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: дис. ... канд. техн. наук / Егожев Артур Мухамедович. Нальчик, 2000. 172 с.
5. Ерохин М. Н., Казанцев С. П. Детали машин. Москва: ООО «ТРАНСЛОГ», 2018. 412 с.
6. Концентрация напряжений в стыках конструктивных элементов сельхозмашин / П. В. Дородов, А. Г. Иванов, А. В. Костин [и др.] // Сельский механизатор. 2020. № 10. С. 38–40.
7. Лобачевский Я. П., Миронов Д. А., Миронова А. В. Основные направления повышения ресурса быстроизнашиваемых рабочих органов сельскохозяйственных машин // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17, № 1. С. 41–50.
8. Серенсен С. В., Когаев В. П., Шнейдерович Р. М. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность: руководство и справочное пособие; под ред. С. В. Серенсена. Изд. 3-е, перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1975. 488 с.



9. Современные технологии и техника для сельского хозяйства – тенденции выставки AGRITECHNIKA 2019 / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, А. С. Дорохов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 6. С. 28–40.

10. Aksenov A. G., Sibirev A. V. Technical support of vegetable growing in countries of the Eurasian Economic Union // AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 2020. Vol. 51, No. 3. P. 12–18.

11. Study of the soil crumbling process by the working bodies of heavy spring-loaded harrows / N. P. Kondratieva, A. G. Ivanov, P. V. Dorodov [et al.] // Prospects for the development of agricultural sciences: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Cheboksary. June 01–02. 2019. Cheboksary: Chuvash State Agricultural Academy. 2019. P. 86–87.

## References

1. Apazhev A. K. Sovershenstvovanie soedinenij rabochih organov lemeshnyh plugov dlya uluchsheniya kachestvennyh i energeticheskikh pokazatelej pahoty: special'nost' 05.20.01 «Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva»: dis. ... kand. tekhn. nauk / Apazhev Aslan Karal'bievich. Nal'chik, 2002. 176 s.

2. Bajbulov A. K. Raschet napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya ramy navesnogo pluga // Molodoj uchenyj. 2018. № 23 (209). S. 193–195.

3. Dorodov P. V. Raschet detalej mashin s koncentratormi napryazhenij i optimizaciya ih formy. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2018. 182 s.

4. Egozhev A. M. Tekhnicheskie i konstruktivnye resheniya po povysheniyu rabotosposobnosti lemeshnyh plugov: special'nost' 05.20.01 «Tekhnologii i sredstva me-

khanizacii sel'skogo hozyajstva»: dis. ... kand. tekhn. nauk / Egozhev Artur Muhamedovich. Nal'chik, 2000. 172 s.

5. Erohin M. N., Kazancev S. P. Detali mashin. Moskva: OOO «TRANSLOG», 2018. 412 s.

6. Koncentraciya napryazhenij v stykah konstrukcionnyh elementov sel'hozmashin / P. V. Dorodov, A. G. Ivanov, A. V. Kostin [i dr.] // Sel'skij mekhanizator. 2020. № 10. S. 38–40.

7. Lobachevskij Ya. P., Mironov D. A., Mironova A. V. Osnovnye napravleniya povysheniya resursa bystroiznashivaemyh rabochih organov sel'skohozyajstvennyh mashin // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2023. T. 17, № 1. S. 41–50.

8. Serensen S. V., Kogaev V. P., Shnejderovich R. M. Nesushchaya sposobnost' i raschet detalej mashin na prochnost': rukovodstvo i spravocnoe posobie; pod red. S. V. Serensena. Izd. 3-e, pererab. i dop. Moskva: Mashinostroenie, 1975. 488 s.

9. Sovremennye tekhnologii i tehnika dlya sel'skogo hozyajstva – tendencii vystavki AGRITECHNIKA 2019 / A. Yu. Izmajlov, Ya. P. Lobachevskij, A. S. Dorohov [i dr.] // Traktory i sel'hozmashiny. 2020. № 6. S. 28–40.

10. Aksenov A. G., Sibirev A. V. Technical support of vegetable growing in countries of the Eurasian Economic Union // AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 2020. Vol. 51, No. 3. P. 12–18.

11. Study of the soil crumbling process by the working bodies of heavy spring-loaded harrows / N. P. Kondratieva, A. G. Ivanov, P. V. Dorodov [et al.] // Prospects for the development of agricultural sciences: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Cheboksary. June 01–02. 2019. Cheboksary: Chuvash State Agricultural Academy. 2019. P. 86–87.

## Сведения об авторах:

**П. В. Дородов** <sup>✉</sup>, доктор технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-1478-5876>;

**И. Т. Хакимов**, аспирант

Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069

<sup>✉</sup>pvd80@mail.ru

Original article

## ON THE BEARING CAPACITY OF THE BPC-12 CULTIVATOR FRAME

**Pavel V. Dorodov** <sup>✉</sup>, **Ilshat T. Khakimov**

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>✉</sup>pvd80@mail.ru

**Abstract.** Increasing the bearing capacity of the structural elements of the tillage machine frame is an urgent problem of agricultural production engineering. The purpose of the work is a theoretical study of the strength of the most loaded structural elements of the cultivator frame. To achieve this goal, the operational loads on the frame due to the resistance to the movement of the cultivator were calculated; the structural elements that lost their bearing capacity in the form of significant residual deformation and viscous destruction were calculated for strength; an assessment of the reliability of the design under various operating conditions of the cultivator was given. One of the most effective numerical methods for calculating machine parts is the finite elements method. However, the adequacy of the solution of this method significantly depends on the correctness of setting the boundary conditions, based on experiments or an intuitive approach. Incorrect selection of boundary conditions leads to a significant deviation of the theoretical solution from the real stress-strain state of the structural element. Analytical methods are

still widely used, however, in the case of statically indeterminate constructions, they can also be solved as systems of algebraic equations, which can be solved using any analytical software package. Thus, the refinement of the existing methods of calculating units is an urgent task in the design and modernization of agricultural machines. All the calculated beams, crossbars and half-frames of the cultivator are statically indeterminate structures. To reveal the static uncertainty the following energy methods were used: the equation of three moments for adjacent spans of beams and the Castellano method for supporting half-frame sections. Calculations have shown that under normal operating conditions of the cultivator, the dimensions of the cross-sections of the frame elements ensure its operation with a margin of safety exceeding the standard by 1.1...1.3 times. The destruction of the frame elements and their interfaces is associated with the redistribution of external forces between them due to the loss of the bearing capacity of the main transverse beam of the half-frame because of intensive dynamic loading, as well as improper transportation of the cultivator.

**Key words:** cultivator, frame, destruction, load-bearing capacity, reliability, strength calculation.

**For citation:** Dorodov P. V., Khakimov I. T. On the bearing capacity of the BPC-12 cultivator frame. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 3(75): 47-55. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_47-55](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_47-55).

#### Authors:

**P. V. Dorodov**✉, Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-1478-5876>;

**I. T. Khakimov**, Postgraduate student

Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya st., Izhevsk, Russia, 426069

✉ pvd80@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 09.06.2023; одобрена после рецензирования 15.06.2023;

принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 09.06.2023; approved after reviewing 15.06.2023; accepted for publication 18.09.2023.

Научная статья

УДК 621.893-033.6

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_3\_55-60

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА

Ипатов Алексей Геннадьевич<sup>1</sup>✉, Харанжевский Евгений Викторович<sup>2</sup>,  
Малинин Александр Васильевич<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

<sup>2</sup>УдГУ, Ижевск, Россия

<sup>1</sup>ipatow.al@yandex.ru

**Аннотация.** Современное ремонтное производство развивается в направлении получения тонких восстановительных покрытий преимущественно из композитов, основанных на применении керамических материалов. Однако использование керамических составов в массовом производстве затруднено в связи с отсутствием достоверных данных об их антифрикционных свойствах. Данная работа посвящена изучению триботехнических свойств восстановительных покрытий на основе оксидной матрицы FeO, дополнительно легированных оксидом бора B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Покрытия получены высококонцентрированной короткоимпульсной лазерной обработкой порошковых композиций, предварительно нанесенных на металлургические поверхности. Полученные покрытия подвержены износным испытаниям в условиях сухого трения скольжения с фиксацией коэффициента трения, в зависимости от прикладываемой нагрузки

и состава порошковой композиции. Полученные результаты исследований подтверждают высокие антифрикционные свойства керамических покрытий на основе оксидных соединений. Оксидные структуры благоприятно влияют на антифрикционные свойства покрытий, в частности, введение оксида бора в диапазоне от 2 до 4 % в состав керамической композиции снижает коэффициент трения до уникальных 0,09–0,1 в условиях сухого трения. При этом наблюдается формирование устойчивых трибоструктур между контактирующими поверхностями.

**Ключевые слова:** керамические покрытия, оксид железа, трибослой, коэффициент трения, короткоимпульсная лазерная обработка.

**Для цитирования:** Ипатов А. Г., Харанжевский Е. В., Малинин А. В. Исследование антифрикционных свойств керамических восстановительных покрытий на основе оксида железа // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(75). С. 55-60. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_55-60](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_55-60).

**Введение.** Широкое применение керамических материалов в ремонтно-восстановительных технологиях затруднено по причине отсутствия эффективных и простых технологий. Авторами работы разработан комплекс технологических операций по получению тонких керамических покрытий, которые успешно внедрены и используются в качестве восстановительных покрытий [1, 7]. Наибольшие сложности для массового применения данного класса материалов заключаются в отсутствии достоверной информации об их антифрикционных свойствах.

Традиционные антифрикционные материалы обладают малым диапазоном эксплуатационных свойств, что обосновывается недостаточной устойчивостью структурного и фазового состава контактирующих поверхностей при термической активации под действием сил трения. Из ряда исследований известно, что повышение антифрикционных свойств контактирующих тел возможно в сильно неравновесных условиях изнашивания, определяемых локальной флуктуацией энергии Гиббса и формированием неравновесных диссипативных структур между контактирующими поверхностями. При этом устойчивость этих систем определяется неравномерностью процессов изнашивания и сопровождается процессами самоорганизации по принципу избирательного перехода вещества [2, 3, 5].

Структура диссипативных образований представляет собой гидроксильные слоистые соединения, что и предопределяет значительное снижение коэффициента трения. Синтез данных структур происходит в результате совместного действия механических нагрузок, высокого нагрева и окислительной среды. В результате формируется слой, который в литературе принято называть глазурями (glazes). Такие глазури обеспечивают формирование в зоне трения третьего тела, что исключает непосредственный контакт между трущими-

ся поверхностями и адгезию. К существенному недостатку трибоструктур на основе глазурей можно отнести условия, необходимые для их формирования, требующие высокую температуру и наличие окислительной среды [10]. Такие условия достижимы только в случае аварийной работы сопряжения. В данной работе нами рассмотрена возможность формирования трибоструктур по типу глазури на ранних стадиях работы сопряжения, соответствующих равновесному изнашиванию.

**Целью работы** является исследование триботехнических свойств оксидных покрытий из оксида железа, оксида бора, нанесенных на сталь короткоимпульсной лазерной обработкой порошковой композиции.

**Материалы и методика исследований.** Для получения лабораторных образцов на цилиндрическую поверхность стальных дисков толщиной 10 мм и диаметром 50 мм было нанесено покрытие на основе оксида железа методом высокоэнергетического короткоимпульсного лазерного плавления мелкодисперсных порошковых смесей [6]. Для повышения устойчивости формирования оксидных трибоструктур в состав порошковой смеси вводили оксид бора в разных пропорциях. Подробное описание особенностей метода нанесения покрытий приведено в работах [8, 9]. Возможность формирования глазурей данным методом и обоснование выбора материалов покрытия представлены в работе [4]. Составы анализируемых покрытий представлены в таблице 1.

Для каждой композиции покрытия изготовили три одинаковых диска. Для нанесения покрытия смесь мелкодисперсных порошков оксида железа, оксида бора и диоксида циркония наносили на поверхность стальных дисков методом распыления порошковой суспензии с различными составами (табл. 1). Частицы в порошках имеют средний размер 5 мкм для оксида железа и оксида бора и 10 мкм

для оксида циркония, а размер агломератов частиц в полученных порошковых смесях не превышает 14 мкм.

Таблица 1 – Составы порошковых композиций

№ порошковой смеси	Содержание элементов, %	
	$B_2O_3$	FeO
1	2	98
2	4	96
3	10	90
4	20	80

Стальные диски для испытаний на износ изготовлены из углеродистой стали марки 40X по ГОСТ 1050-88. Твердость стальных дисков составляла 34 HRC, цилиндрическая поверхность дисков была отшлифована до достижения параметра шероховатости Ra 0,32 мкм.

Все испытания проводились в условиях граничной смазки в начальный момент испытаний и отсутствия смазки после начального этапа приработки контртела. В качестве смазки использовалось индустриальное масло (российское, марки И-40А, ГОСТ 20799-88). Его технические характеристики соответствуют стандарту SAE20W. Скорость подачи масла в начальное время испытаний составляла 1 капля (10 мкл) в минуту. Эти условия смазки имитируют масляное голодание в аварийных случаях работы подшипниковых сопряжений.

Предварительно выбранные условия трибологических испытаний, такие как контактное давление, скорость скольжения и относительная влажность, позволили сравнить полученные результаты с данными, приведенными ранее в литературе [2]. Температура испытуемых образцов измерялась термопарой типа К.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Пары трения на основе традиционных антифрикционных покрытий в условиях отсутствия постоянной, интенсивной смазки не имеют периода нормального износа, а характеризуются периодом приработки и переходом в режим интенсивного аварийного изнашивания (рис. 1а). Основная причина сводится к отсутствию стабильного трибослоя, который защищал бы оголенные зоны контактирующих тел от высоких температур. Высокая температура повышает пластичность зоны контакта, что является предпосылкой для перехода к адгезионному изнашиванию, еще больше-

му повышению температуры и заклиниванию сопряжения (рис. 1б).

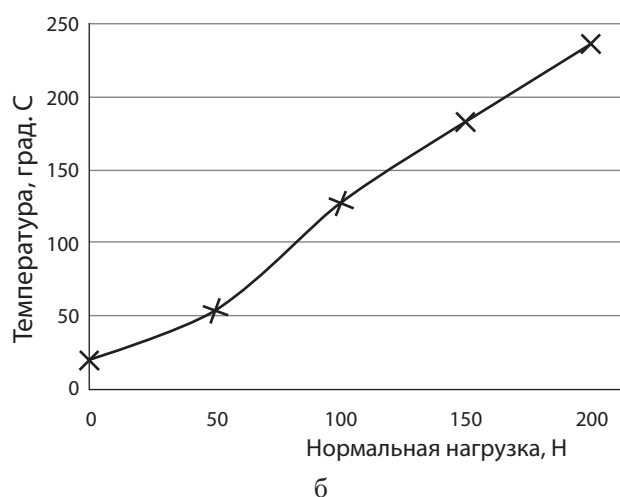
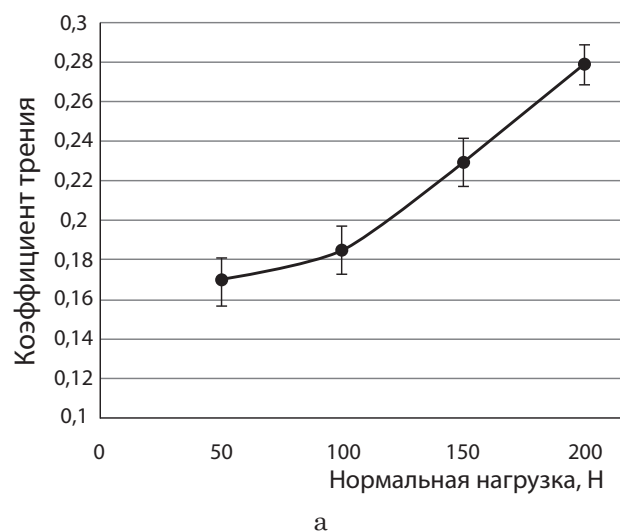


Рисунок 1 – Динамика изменения коэффициента трения (а) и температуры (б) в зоне контакта для сопряжения «Сталь 40X-БрАЖ9-4»

Нанесение оксидно-керамических покрытий со структурой глазури на поверхность стальных дисков значительно изменяет динамику трения и износа при испытаниях (рис. 2).

Использование покрытий с оксидными компонентами качественно и количественно улучшает трибологические свойства. Улучшение свойств объясняется формированием на поверхностях трения в контакте трибослоев, содержащих гидроксид бора, образующийся в результате взаимодействия оксида бора с парами воды в окружающей среде [8, 9]. Наличие в структуре нанесенных покрытий оксидных соединений, а также легирование оксидом бора обеспечивает условия для более эффективного формирования необходимого трибослоя для работы в условиях сухого трения скольжения с низким коэффициентом



трения без задира поверхности. Даже введение небольшого объема оксида бора (рис. 2а) меняет кинетику изнашивания с формированием зоны нормального износа, то есть переводит в режим работы сопряжения с наличием трибослоя. С добавлением 4 % оксида бора при нормальной нагрузке 300 Н наблюдается скачкообразное снижение коэффициента трения до 0,09 (рис. 2а). При этом температурный фон в сопряжении также характеризуется стабилизацией и даже температура незначительно снижается с увеличением нормальной нагрузки, что подтверждает снижение молекулярного и механического взаимодействия между трущимися поверхностями за счет формирования трибослоя. Формирование трибослоя носит эволюционный характер и определяется температурным фоном работы сопряжения: чем выше температура в зоне трения, тем интенсивнее формируется трибослой, что приводит к снижению коэффициента трения.

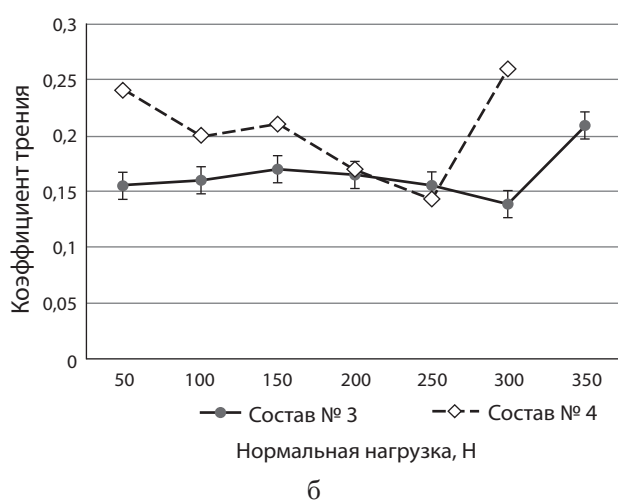


Рисунок 2 – Динамика изменения коэффициента трения покрытий с оксидной матрицей с различным содержанием борной кислоты

Покрытия с увеличенным содержанием оксида бора также проявляют тенденцию формирования трибослоя между контактирующими поверхностями, однако, минимум коэффициента трения имеет большее значение в пределах 0,14–0,15 (рис. 2б). Положительной особенностью является снижение коэффициента трения уже при малых значениях нагрузки на контртело, что объясняется увеличением скорости образования гидроксида бора при увеличенном содержании оксида бора в покрытии. Но увеличение концентрации оксида бора приводит к снижению нагрузочной способности формируемых трибослоев, что приводит к ускоренному разрушению трибослоя под действием сил трения, развитию высоких температур и, как следствие, увеличению коэффициента трения. Покрытия с увеличенным содержанием оксида бора (рис. 2б) характеризуются снижением когезионной прочности покрытия, высокой хрупкостью и отсутствием пластичности в зоне механического контакта трущихся поверхностей. Другой положительной особенностью покрытия с содержанием 10–20 % оксида бора является более стабильный коэффициент трения в широком диапазоне приложенной нормальной нагрузки, при этом не наблюдается скачкообразных изменений, что благоприятно влияет на температурный фон работы сопряжения.

**Выводы.** В результате проведенных трибологических исследований антифрикционных керамических покрытий на основе оксида железа и дополнительно легированных оксидом бора и оксидом циркония, выяснили, что наличие оксидных структур в составе покрытия благоприятно влияет на антифрикционные свойства покрытия, в частности, наблюдается снижение коэффициента трения при 2 % содержании оксида бора. Минимальный коэффициент трения регистрируется при 4 % содержании оксида бора и нормальной нагрузке 300 Н. Снижение коэффициента трения сопровождается значительным повышением температуры до 300 °С, последующим снижением значения коэффициента трения до уникальных 0,09–0,1 в условиях сухого трения скольжения. Столь значительное снижение коэффициента трения можно объяснить наличием между контактирующими поверхностями устойчивых трибоструктур. Косвенно наличие расклинивающего трибослоя между поверхностями подтверждается снижением температуры трения в момент уменьшения коэффициента трения и его стабилизации. Представленные результаты имеют

высокую практическую значимость в машиностроении, в особенности это касается узлов и механизмов, работающих при повышенных динамических и термических нагрузках, в условиях отсутствия интенсивной смазки.

**Сведения об источнике финансирования.** Авторы выражают благодарность Российскому научному фонду за финансовую поддержку (проект № 19-79-20012).

### Список источников

1. Восстановление и упрочнение рабочей фаски клапана двигателя внутреннего сгорания методом селективной лазерной наплавки (SLM) / К. Г. Волков, А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. Н. Шмыков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2022. № 9. С. 20–26. DOI 10.31044/1684-2561-2022-0-9-20-26. EDN CCNULW.

2. Повышение износостойкости металлических и металлополимерных трибосистем путем формирования структуры и свойств их поверхностного слоя / И. В. Колесников, П. Д. Мотренко, В. И. Колесников, Д. С. Мантуров. Москва: ВИНТИ РАН, 2021.

3. Упруго-диссипативные характеристики тяжело нагруженных модифицированных пар трения / С. Л. Чернышев, В. И. Колесников, В. Д. Верескун [и др.] // Трение и износ. 2023. Т. 44. № 1. С. 58–67. DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-58-67.

4. Харанжевский Е. В., Ипатов А. Г., Волков К. Г. Особенности формирования керамических восстановительных покрытий // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (65). С. 51–55. DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_1\_51. EDN TFIYJZ.

5. Gök M.S., Küçük Y., Erdoğan A., Öge M., Kanca E., Günen A. Dry sliding wear behavior of borided hot-work tool steel at elevated temperatures. *Surface & Coatings Technology*. 2017; 328: 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.08.008>.

6. Ipatov A. G., Kharanzhevskiy E. V. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitride. *J. Frict. Wear*. 2019; 40: 588–592. <https://doi.org/10.3103/S1068366619060114>.

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

8. Kharanzhevskiy E. V., Ipatov A. G., Krivilyov M. D., Makarov A. V., Gil'mutdinov F. Z., Volkova E. G. Ultralow friction behaviour of B4C-BN-MeO composite ceramic coatings deposited on steel. *Surface and Coatings Technology*. 2020; 390: 125664. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.125664>.

9. Kharanzhevskiy E. V., Ipatov A. G., Makarov A. V., Gil'mutdinov F. Z., Soboleva N. N., Krivilyov M. D. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials. *Wear*. 2021; 477: 203835. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2021.203835>.

10. Stott F. H., Lin D. S., Wood G. C. The structure and mechanism of formation of the 'glaze' oxide layers produced on Nickel-based alloys during wear at high temperatures, *Corrosion Science*. 1973; 134: 49–469. [https://doi.org/10.1016/0010-938X\(73\)90030-9](https://doi.org/10.1016/0010-938X(73)90030-9).

### References

1. Vosstanovlenie i uprochnenie rabochej faski klapan a dvigatelya vnutrennego sgoraniya metodom selektivnoj lazernoj naplavki (SLM) / K. G. Volkov, A. G. Ipatov, E. V. Haranzhevskij, S. N. Shmykov // *Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya*. 2022. № 9. S. 20–26. DOI 10.31044/1684-2561-2022-0-9-20-26. EDN CCNULW.

2. Povyshenie iznosostojkosti metallicheskih i metallopolimernyh tribosistem putem formirovaniya struktury i svojstv ih poverhnostnogo sloya / I. V. Kolesnikov, P. D. Motrenko, V. I. Kolesnikov, D. S. Manturov. Moskva: VINITI RAN, 2021.

3. Uprugo-dissipativnye karakteristiki tyazhelonagruzhennyh modifitsirovannyh par treniya / S. L. Chernyshev, V. I. Kolesnikov, V. D. Vereskun [i dr.] // *Trenie i iznos*. 2023. Т. 44. № 1. S. 58–67. DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-58-67.

4. Haranzhevskij E. V., Ipatov A. G., Volkov K. G. Osobennosti formirovaniya keramicheskikh vosstanovitel'nyh pokrytij // *Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2021. № 1 (65). S. 51–55. DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_1\_51. EDN TFIYJZ.

5. Gök M.S., Küçük Y., Erdoğan A., Öge M., Kanca E., Günen A. Dry sliding wear behavior of borided hot-work tool steel at elevated temperatures. *Surface & Coatings Technology*. 2017; 328: 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.08.008>.

6. Ipatov A. G., Kharanzhevskiy E. V. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitride. *J. Frict. Wear*. 2019; 40: 588–592. <https://doi.org/10.3103/S1068366619060114>.

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

8. Kharanzhevskiy E. V., Ipatov A. G., Krivilyov M. D., Makarov A. V., Gil'mutdinov F. Z., Volkova E. G. Ultralow friction behaviour of B4C-BN-MeO composite ceramic coatings deposited on steel. *Surface and Coatings Technology*. 2020; 390: 125664. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.125664>.

9. Kharanzhevskiy E. V., Ipatov A. G., Makarov A. V., Gil'mutdinov F. Z., Soboleva N. N., Krivilyov M. D. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials. *Wear*. 2021; 477: 203835. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2021.203835>.

10. Stott F. H., Lin D. S., Wood G. C. The structure and mechanism of formation of the 'glaze' oxide layers produced on Nickel-based alloys during wear at high temperatures, *Corrosion Science*. 1973; 134: 49–469. [https://doi.org/10.1016/0010-938X\(73\)90030-9](https://doi.org/10.1016/0010-938X(73)90030-9).

**Сведения об авторах:****А. Г. Ипатов**<sup>1</sup>✉, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;**Е. В. Харанжевский**<sup>2</sup>, доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-1525-2169>;**А. В. Малинин**<sup>3</sup>, аспирант<sup>1,3</sup>Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069<sup>2</sup>УдГУ, ул. Университетская, 1, корп. 1, Ижевск, Россия, 426034<sup>1</sup>[ipatow.al@yandex.ru](mailto:ipatow.al@yandex.ru)

Original article

**STUDY OF ANTIFRICTION PROPERTIES  
OF CERAMIC RECOVERY COATINGS BASED ON IRON OXIDE****Alexey G. Ipatov**<sup>1</sup>✉, **Evgeny V. Kharanzhevsky**<sup>2</sup>, **Alexander V. Malinin**<sup>3</sup><sup>1,3</sup>Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia<sup>2</sup>Udmurt State University, Izhevsk, Russia<sup>1</sup>[ipatow.al@yandex.ru](mailto:ipatow.al@yandex.ru)

**Abstract.** Modern repair production is developing in the direction of obtaining thin recovering coatings mainly from composite materials, based on the use of ceramic materials. However, the use of ceramic compositions in mass production is hindered by the lack of reliable data on their antifriction properties. This work is devoted to the study of the tribotechnical properties of recovering coatings based on the FeO oxide matrix additionally doped with boron oxide B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The coatings are obtained by highly concentrated short-pulse laser processing of powder compositions previously deposited on metal surfaces. The resulting coatings are subjected to wear tests under conditions of dry sliding friction with fixation of the friction coefficient, depending on the applied load and the formulation of the powder composition. The obtained research results confirm the high antifriction properties of ceramic coatings based on oxide compounds. Oxide structures have a positive impact on the antifriction properties of coatings, in particular, the introduction of boron oxide in the range from 2 to 4 % into the formulation of the ceramic composition reduces the friction coefficient to unique 0.09–0.1 under dry friction conditions. In this case, the formation of stable tribological structures between the contacting surfaces is observed.

**Key words:** ceramic coatings, iron oxide, tribolayer, coefficient of friction, short-pulse laser processing.

**For citation:** Ipatov A. G., Kharanzhevsky E. V., Malinin A. V. Study of antifriction properties of ceramic recovery coatings based on iron oxide. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 3(75): 55-60. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_55-60](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_55-60).

**Authors:****A. G. Ipatov**<sup>1</sup>✉, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;**E. V. Kharanzhevsky**<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-1525-2169>;**A. V. Malinin**<sup>3</sup>, Postgraduate student<sup>1,3</sup>Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya st., Izhevsk, Russia, 426069<sup>2</sup>Udmurt State University, 1 Universitetskaya st., build. 1, Izhevsk, Russia, 426034<sup>1</sup>[ipatow.al@yandex.ru](mailto:ipatow.al@yandex.ru)

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 28.06.2023; одобрена после рецензирования 04.09.2023;  
принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 28.06.2023; approved after reviewing 04.09.2023; accepted for publication 18.09.2023.

Научная статья

УДК 664.951.32

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_3\_61-69

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО КОПЧЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА РЫБЫ ХОЛОДНОГО КОПЧЕНИЯ

Селунский Василий Вячеславович<sup>1</sup>✉,Ткачев Андрей Николаевич<sup>2</sup>, Чурин Владимир Юрьевич<sup>3</sup><sup>1,2</sup>Южно-Уральский технологический университет, Челябинск, Россия<sup>3</sup>ООО Компания «Артель», Челябинск, Россия<sup>1</sup>vas-selunskiy@mail.ru

**Аннотация.** В работе показано состояние рынка рыбопродуктов в России за последние годы. Дается анализ причин, сдерживающих развитие рыбоперерабатывающей отрасли, и делается вывод о необходимости внедрения новых энергосберегающих технологий производства копченых рыбных продуктов. Целью работы было улучшение качества рыбы холодного копчения за счет усовершенствования конструкции установки электростатического копчения. В работе обоснована целесообразность использования электротехнологии при производстве рыбы холодного копчения. Показан механизм производства рыбных продуктов указанным способом, приведены преимущества и недостатки технологии электрокопчения. На основе проведенного анализа существующих установок электростатического копчения была выбрана установка УЭК-1 как наиболее подходящая при производстве рыбы холодного копчения для предприятий с небольшим объемом производства. При копчении были выявлены недостатки УЭК-1, заключающиеся в несоответствии температуры копильного дыма требуемой величине и в неравномерности копчения. Произведена модернизация указанной установки, для этого существующий дымогенератор заменен новым, выносным генератором дыма. Произведены исследования работы дымопровода и опытным путем определены его параметры. Длина дымопровода должна составлять не менее 4000 мм для рыб лососевых пород и 2000 мм для всей остальной рыбы. В работе предлагается к внедрению устройство, обеспечивающее автоматическое включение источника высокого напряжения по мере заполнения дымокапильной камеры, что облегчает работу копильщика и улучшает качество готового продукта. Продолжительность дымовой обработки рыбы при электростатическом копчении составляет от 5 до 20 минут, время созревания от 12 до 36 часов в зависимости от сорта и веса рыбы.

**Ключевые слова:** автоматическое управление, высоковольтный источник, дымогенератор, дымопровод, качество продукта, копильный дым, рыбопродукты, электрическое поле, электрокопилька, электрокопчение.

**Для цитирования:** Селунский В. В., Ткачев А. Н., Чурин В. Ю. Усовершенствование установки электростатического копчения с целью улучшения качества рыбы холодного копчения // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(75). С. 61-69. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_61-69](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_61-69).

**Актуальность.** В настоящее время на рынке продовольствия России наблюдается острая конкуренция между производителями пищевых продуктов и борьба за потребителя. То же самое можно сказать о сфере покупки и продажи рыбных продуктов. По данным Росстата, среднестатистический россиянин в 2022 г. в среднем потреблял 21,5 кг рыбы и рыбопродуктов. Необходимо отметить, что этих продуктов в 2020 г. расходовалось больше (22,2 кг/год). Как утверждают некоторые специалисты, реальные цифры потребления рыбы составляют порядка 13...14 кг на человека в год. Такая

большая разница объясняется различными подходами к оценке количества рыбы. В первом случае рыбу считают целиком, включая несъедобные части (головы, хвосты, плавники и т. д.), во втором случае – учитывается только съедобная часть рыбы. И в первом, и во втором случаях не удовлетворяется рекомендованная Минздравом России годовая величина потребления рыбы, равная 22 кг [8]. Причины этого заключаются в следующем:

1. Цена. Рост цены на рыбу опережает рост цен на мясную и молочную продукцию. Здесь сказываются и санкции западных стран, пре-



кративших поставки лососевых и сельдевых пород рыб в Россию, и общемировые тенденции роста цен на фоне сокращения рыбодобычи. К примеру, по данным ФГУП «Нацрыбресурс», средние цены на мороженую рыбу в начале текущего года составили 209,01 руб./кг. С учетом того, что это цена неразделанной рыбы, полуфабриката, стоимость готового рыбопродукта повышается в два раза и более. Поэтому потребитель зачастую делает выбор в пользу мяса животных и птицы и изделий из них.

2. Скучный ассортимент и недостаточно высокое качество готового рыбного продукта. Продовольственному рынку нужны новые рыбные продукты высокой готовности. Современные потребители, особенно молодое поколение, не хотят тратить время на приготовление пищи и предпочитают готовые блюда. Кроме этого, в связи с высокой стоимостью рыбных продуктов, соизмеримой с мясными деликатесами, потребитель готов платить деньги только за продукт высокого качества.

С другой стороны, рыба – это богатый источник белка (14–25 %), жира (0,4–50,0 %), минеральных веществ (0,9–2,0 %), витаминов А, группы В, D, E, F, незаменимых аминокислот.

Свою нишу в общем количестве рыбопродуктов занимают копченые продукты, которые имеют высокие вкусовые показатели, полезны для пищеварения и хорошо усваиваются организмом человека. Согласно проведенным исследованиям, в 2022 г. перерабатывающими предприятиями России было выпущено 68 855 т копченой рыбной продукции, что на 11,2 % выше по сравнению с 2021 г.

Производство копченых рыбных продуктов связано со значительными затратами электрической и тепловой энергии. В цене готовых рыбопродуктов энергоносители занимают ощутимую составляющую, поэтому внедрение новых энергосберегающих технологий, позволяющих снизить их себестоимость, является актуальной задачей.

**Цель исследований:** улучшить качество рыбы холодного копчения за счет усовершенствования конструкции установки электростатического копчения и оптимизации режимов ее работы.

**Задачи исследований:**

– обосновать использование технологии электростатической обработки при копчении рыбы холодным способом;

– выбрать базовую установку электростатического копчения по критериям цена-производительность;

– модернизировать конструкцию установки электростатического копчения и оптимизировать ее работу.

**Материалы и методы исследований.** Копчением обрабатывают практически все виды пресноводных и морских рыб: частиковые породы, сельдевые, сиговые, осетровые и ряд других. Копчение используется при производстве отдельных видов консервов («Шпроты в масле» и т. п.), а также продуктов, изготовленных из рыбы («Крабовые палочки», рыбные снеки, рыбные колбасы и др.) [6, 7, 14].

В России используются два способа копчения: горячий и холодный, в некоторых западных странах применяется еще и полугорячее копчение [2].

Горячее копчение (его еще называют проваркой в дыму) производится при температуре дымовоздушной смеси выше 80 °С. При копчении холодным способом – не выше 35–40 °С, а для красной рыбы лососевых пород (кеты, горбуши, нерки и др.) – не выше 25 °С [2].

По состоянию копильного препарата различают следующие варианты копчения: дымовое, бездымное (мокрое) и смешанное.

По особенностям проведения процесса копчение можно классифицировать как естественное (обычное), искусственное, комбинированное. Обычное копчение осуществляется благодаря оседанию копильного препарата на поверхность продукта и диффузии внутрь. Происходит без использования дополнительных технологических средств, ускоряющих копчение. Искусственное копчение совершается с применением специальных технических приемов, ускоряющих действие (с помощью электростатического поля, инфракрасных и ультрафиолетовых лучей) [2, 10, 13, 17, 18]. Систематизация вариантов копчения показана на рисунке 1.

В современных условиях копченая рыба в основном производится при помощи обычного дымового копчения. Основным недостатком этой технологии является излишне большое время копчения, которое может продолжаться несколько суток. Помимо этого, копильный дым используется неэффективно, попадает на продукт и участвует в процессе копчения не более 5 %, остальной дым уходит из копильной установки [1].

Это приводит к загрязнению окружающей среды отработанным дымом, поэтому копильные производства относятся к грязным и не могут быть размещены в черте населенных пунктов, вблизи жилья. Требуется боль-

шое количество дымообразующего сырья, которое при обычном копчении используется крайне нерационально.

Все перечисленные недостатки устраняются при использовании технологии электростатического копчения.



Рисунок 1 – Классификация способов копчения

Основным достоинством электрокопчения является ускорение процесса осаждения и насыщения поверхности продукта копильными веществами. При использовании технологии электрокопчения практически весь копильный дым, до 95 %, попадающий в копильную камеру, осаждается на поверхности продукта, подвергаемого копчению [8, 15].

В процессе обработки копильными веществами в поле коронного разряда рыба приобретает окраску, характерную для копченого продукта. Однако из-за скорости действия рыбный полуфабрикат не успевает достичь кулинарной готовности. После обработки дымом продукция требует доводки до стадии готового продукта. При производстве продуктов холодного копчения их необходимо выдерживать определенное время при невысокой температуре и влажности [3, 5, 16, 19, 20].

Технологический процесс электрокопчения осуществляется следующим образом: копильный дым пропускается через коронирующие электроды (электроды специальной конструкции, на которые подается высокое напряжение величиной 20–40 тыс. вольт), и между ними образуется коронный разряд. После чего частицы копильного препарата, попадая в зону действия электростатического поля, приобретают электрический заряд. Далее заряженные

частицы получают ориентированное движение и с большой скоростью оседают на продукте, имеющем заряд другого знака [11].

Технологию электрокопчения предпочтительнее использовать при производстве рыбы холодного копчения, так как особо велика разница во времени дымовой обработки по сравнению с обычным, классическим копчением [8]. То есть электростатической установкой даже с небольшой разовой загрузкой можно подготовить достаточное количество обработанного дымом рыбного полуфабриката.

Нами был проведен анализ электростатических копильных установок холодного копчения, имеющихся на российском рынке оборудования для производства пищевых продуктов. Указанные установки различаются по функциональным возможностям, разовой загрузке, стоимости. Для производства рыбы холодного копчения подходят следующие электростатические установки: УЭК-1 (2), ЭКМ-50 (100, 150, 300), «ИЖИЦА-1200М2 (М3, М4, М4-А)», Royal Smoke УБК-1 (2, MINI). Все эти устройства имеют различные объемы копильных камер, производительность, цену. Наиболее востребованной у приобретателей является установка УЭК-1. Она проста по конструкции, имеет относительно невысокую цену, небольшие габариты и может быть использована практически в любом помещении [8].

Нами была приобретена такая установка УЭК-1 «Идиллия», в настоящее время она выпускается под брендом «Москит» (рис. 2).



Рисунок 2 – Установка электростатического копчения УЭК-1 «Идиллия»

На указанной электрокопильне проводилось копчение скумбрии и сельди (вес в исходном состоянии 400 г). Перед копчением рыба предварительно солилась, отмачивалась

и подсушивалась согласно существующей технологии. Копчение продолжалось при постоянно работающем источнике высокого напряжения (ИВН) в течение 20 минут, после чего поверхность рыбы покрывалась слоем копильных веществ.

При эксплуатации устройства УЭК-1 были выявлены следующие недостатки, снижающие качество готового продукта.

Во-первых, температура дыма в копильной камере превышала в определенные промежутки времени допустимую, рекомендуемую для холодного копчения, равную +40 °С. Причина этого в том, что конструктивно дымогенератор находится в непосредственной близости от копильной камеры, непосредственно под ней, что повышало температуру в копильной камере при интенсивном тлении дымообразующего сырья.

Во-вторых, продукт коптился неравномерно, больше копильного препарата осаживалось на продукте, располагавшемся в нижней части копильной камеры, со стороны поступления дыма.

Мы произвели модернизацию серийной установки УЭК-1. Для этого был демонтирован старый дымогенератор, находящийся под копильной камерой. Был изготовлен новый, выносной дымогенератор, изменена система подачи дыма в копильную камеру, разработана автоматика управления работой высоковольтного источника питания.

Новый дымогенератор был изготовлен из металла и имеет коробчатую форму (рис. 3).

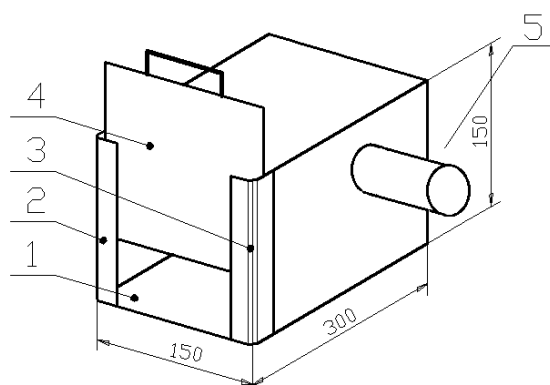


Рисунок 3 – Дымогенератор новой конструкции:

- 1 – каркас дымогенератора;  
2, 3 – направляющие для закрепления крышки; 4 – крышка; 5 – штуцер для отвода копильного дыма

Для работы дымогенератора необходимо внутрь него загрузить сырье для получения копильного дыма (щепу или опилки). образо-

вание дыма (пиролиз древесины) идет благодаря его нагреву с помощью электронагревателя, размещенного на дне дымогенератора (1). Электронагреватель отрегулирован таким образом, что температура пиролиза древесины составляет 380...400 °С, что соответствует рекомендованному значению, так как сводит к минимуму выделение канцерогенных веществ [2].

Копильный дым, образующийся в дымогенераторе, отводится через штуцер (5) и транспортируется по трубе (дымопроводу) к копильной камере, при этом он охлаждается. Экспериментальная установка показана на рисунке 4.

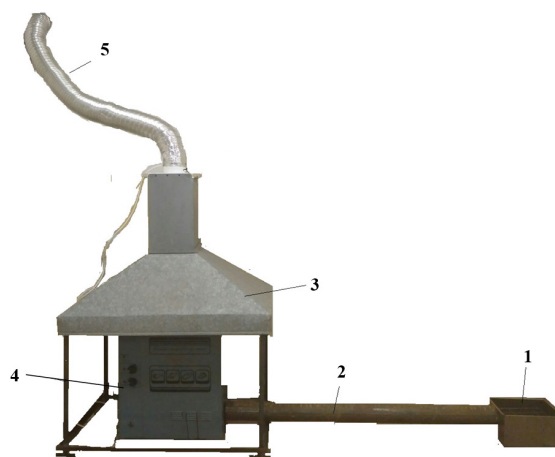


Рисунок 4 – Внешний вид экспериментальной установки:

- 1 – выносной дымогенератор; 2 – дымопровод (труба); 3 – зонд для сбора отработанного дыма; 4 – установка электростатического копчения; 5 – воздуховод для отвода дыма

**Результаты исследования.** От дымогенератора в копильную камеру дым поступает по металлической трубе диаметром 60 мм с толщиной стенок 2 мм. Образование дыма (пиролиз) происходит при температуре 380...400 °С, а для холодного копчения рыбы необходима температура не выше + 40 °С, для лососевых пород + 25 °С. Наиболее простой и приемлемый способ – использование дымопровода (трубы) достаточной длины.

Охлаждение движущегося в трубе дыма – достаточно сложный процесс, зависящий от многих факторов: параметров трубы (профиль, толщина стенок, длина, состояние внутренней и наружной поверхностей), скорости дыма, температуры и влажности окружающей среды. Определить необходимую длину дымопровода расчетным способом достаточно трудно, поэтому эта задача решалась опытным путем, с использованием экспериментальной установки (рис. 4).

При проведении опытов дымогенератор соединялся с коптильной камерой отрезками трубы различной длины с кратностью 500 мм. Измерялась температура в нижней части коптильной камеры, ближе к месту подвода дыма. Замеры проводились через 5...7 минут после начала поступления дыма в коптильную камеру. К этому времени интенсивность дымообразования достигала максимального значения, дымогенератор и сам дымопровод нагревались, и температура устанавливалась. Зависимость температуры дымовоздушной смеси в коптильной камере от длины дымопровода представлена на рисунке 5.

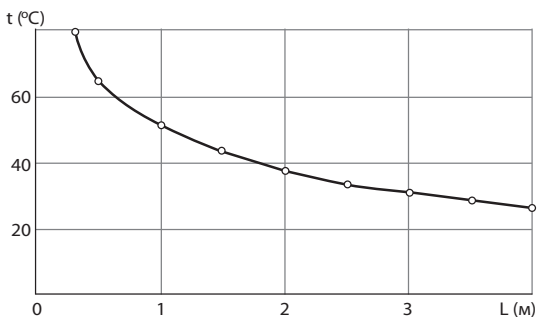


Рисунок 5 – Зависимость температуры дыма (t) от длины дымопровода (L)

Опытным путем было установлено, что при длине дымопровода, равной 2000 мм, температура дыма в коптильной камере не будет превышать плюс 35...40 °С, что удовлетворяет требованиям холодного копчения рыбы с белым мясом. Для копчения рыбы лососевых пород, при востребованной температуре плюс 25 °С, длина дымопровода должна быть не менее 4000 мм.

Охлажденный дым подается в камеру для копчения модернизируемой установки УЭК-1 «Идиллия». В нашем случае вместо демонтируемого старого дымогенератора в нижней части коптильной камеры установлено устройство для равномерной подачи дыма в коптильную камеру: труба с отверстиями для истечения дыма в верхней части [9].

Чтобы улучшить равномерность покрытия продукта коптильными веществами, на серийных электрокоптильных установках УЭК-1 (и аналогичных) предписывается включать ИВН только после заполнения дымом коптильной камеры и выравнивания его концентрации по всему ее объему. Момент включения коптильщика должен определять визуально, через прозрачную верхнюю крышку установки. При работе ИВН в непрерывном режиме больше коптильных веществ осаждалось

на частях продукта, расположенных ближе к месту поступления дыма.

Следовательно, равномерность покрытия продукта коптильными веществами, определяющая качество продукта, оказывается напрямую зависящей от опыта и квалификации коптильщика.

Нами была разработана схема управления, позволяющая автоматически подавать напряжение на коронирующие электроды установки по мере заполнения дымом коптилки. Благодаря этому улучшается равномерность покрытия поверхности рыбного полуфабриката коптильными веществами, а это в конечном итоге повышает качество готового продукта. Схема автоматического управления работой модернизированной установки – на рисунке 6.

Согласно схеме, коптильная камера (1) заполняется дымом, и концентрация его выравнивается по всему объему. По достижении дымом определенной плотности срабатывает фотореле (3), установленное в верхней части камеры, и включает ИВН. После чего напряжение подается на электроды (2) и (4), и начинается процесс электрокопчения, который продолжается 1,5...2,0 секунды. За указанное время весь коптильный дым, находящийся в камере, оседает на поверхности продукта. Затем напряжение с электродов снимается, и происходит процесс следующего заполнения коптильной камеры. После этого включается фотореле (3) и происходит повтор коптильного цикла.

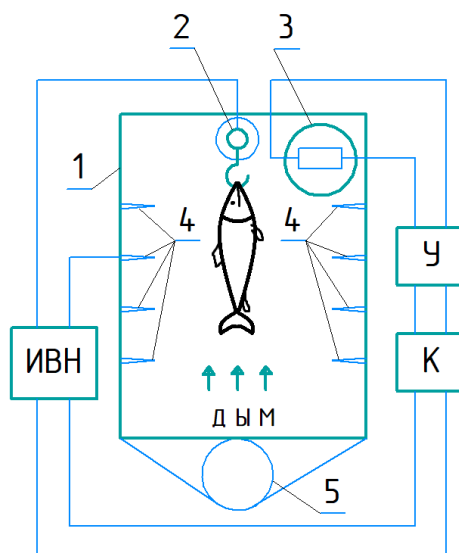


Рисунок 6 – Схема автоматического управления коптильной установкой:  
 1 – корпус коптилки; 2 – рабочий электрод; 3 – фотореле; 4 – коронирующие электроды; 5 – устройство подачи дыма в коптильную камеру; ИВН – высоковольтный источник; Ф – фотореле; У – усилитель; К – коммутатор



Общая продолжительность электрокопчения составляла для мойвы 5...7 минут, для скумбрии и сельди весом 400 г – 20 минут. После завершения дымовой обработки продукт насыщался коптильными веществами, однако распределены они были неравномерно, преимущественно в поверхностных слоях рыбы. В мясе не успевали произойти автолитические процессы созревания, приводящие к кулинарной готовности продукта. Влажность продукта на этом этапе производства составляла 65...70 %, что превышает требования ГОСТа к рыбе, копченой холодным способом [12], поэтому после окончания процесса электрокопчения продукт направлялся на дозревание, проводимое при температуре +8...+10 °С и относительной влажности воздуха 60...65 % в течение 12...36 часов, в соответствии с разновидностью и массой рыбы. После этого продукт был готов к употреблению в пищу.

График работы установки электростатического копчения при холодном копчении мойвы за все время копчения показан на рисунке 7.

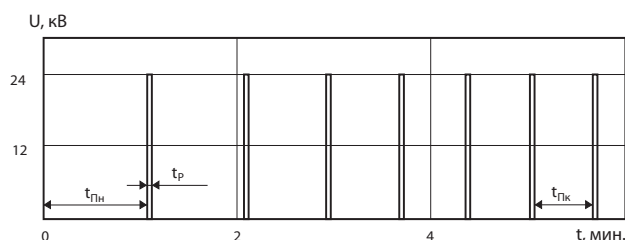


Рисунок 7 – График работы электростатической установки в автоматическом режиме при копчении мойвы за все время копчения

Как следует из графика (рис. 7), суммарная длительность дымовой обработки мойвы при холодном копчении составила 5,7 минуты (342 секунды). Продолжительность отрезков времени, в течение которых ИВН не работает, а камера наполняется дымом, различна и определяется производительностью дымогенератора. В начале процесса копчения время между включениями ИВН составляло 64 секунды, в конце – 40 секунд.

Начало графика совмещено с началом поступления дыма в коптильную камеру.

**Выводы.** Проведенный анализ существующих технологий производства рыбы холодного копчения показал, что наиболее приемлемым является способ электростатической обработки рыбного полуфабриката коптильным дымом с последующим дозреванием в специальных камерах или помещениях с необходимыми температурно-влажностными

условиями. Оптимальной по критерию цена-производительность для рыбных производств небольшого объема является электрокоптильная установка УЭК-1. Для повышения качества рыбы холодного копчения необходимо модернизировать базовую установку путем применения выносного дымогенератора с длиной дымопровода от 2 до 4 м и внедрения системы автоматического управления работой ИВН.

### Список источников

1. Варфоломеев Ю. Н. Повышение эффективности электрокопчения за счет использования поля коронного разряда: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Барнаул, 2013. 23 с.
2. Воскресенский Н. А. Посол, копчение и сушка рыбы. Москва: Пищевая промышленность, 1966. 548 с.
3. Ершов А. М., Ершов М. А., Похольченко В. А. Опыт внедрения современных технологий сушки и копчения рыбы на базе малых инновационных предприятий // V Всероссийская конференция «Современные наукоемкие инновационные технологии». Мурманск: МГТУ, 2013. С. 367–370.
4. Исследование процесса электростатического копчения мелкокусковых рыбопродуктов в пересыпающемся слое / И. Н. Сухарев, С. Ю. Шубкин, С. В. Елецких, М. А. Родионова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2019. № 3 (29). С. 127–134.
5. Комплексный анализ эффективности хранения копченых рыбопродуктов, полученных в установке барабанного типа с наложением электростатического поля / А. В. Журавлев, С. В. Шахов, И. Н. Сухарев, С. Ю. Шубкин // ХИПС. 2021. № 1. С. 166–177.
6. Мальцева О. В. Совершенствование процесса электростатического копчения твердых сыров с индуктивным подводом энергии при дымогенерации в среде инертного газа: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2011. 22 с.
7. Мезенова О. Я. Инновации в копчении пищевых продуктов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3, № 1. С. 17–32.
8. Оптимизация электростатического способа копчения рыбы / В. А. Буторин, В. В. Селунский, Р. В. Банин, К. Ж. Ябыков // АПК России. 2018. Т. 25. № 1. С. 89–96.
9. Патент RU 199484 U1. Электрокоптильная установка / Селунский В. В., Банин Р. В., Буторин В. А., Ябыков К. Ж.; заявл. 21.06.2019; опубл. 03.09.2020, Бюл. № 25.
10. Патент RU 88913 U1. Электрокоптильная установка / Смолин Н. Ю., Возмилов А. Г., Варфоломеев Ю. Н., Быкова С. Е.; заявл. 13.04.2009; опубл. 27.11.2009, Бюл. № 33.

11. Петров Д. С. Совершенствование технологии холодного копчения рыбы в электростатическом поле: автореферат дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2017. 16 с.

12. Рыба и рыбные продукты. Рыба копченая, вяленая и сушеная // Государственные стандарты. Москва: ИПК Издательство стандартов, 1997. 154 с.

13. Селяков И. Ю. Повышение энергоэффективности процессов конвективного обезвоживания при производстве копченой и вяленой рыбы: автореферат дис. ... канд. техн. наук. Мурманск, 2015. 22 с.

14. Совершенствование процесса электростатического копчения твердых сыров с индуктивным подводом энергии при дымогенерации в среде инертного газа: монография / О. В. Мальцева, С. Ю. Шубкин, С. В. Шахов, И. Н. Сухарев. Елец: ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина», 2023. 185 с.

15. Теоретическое обоснование повышения эффективности и качества копчения сельскохозяйственной продукции в электрокоптилке / А. Г. Возмилов, П. С. Русин, Н. И. Смолин, Ю. Н. Варфоломеев // Достижение науки и техники в АПК. 2012. № 1. С. 76–78.

16. Ткачев О. А. Разработка и исследование способа вакуум-электростатического копчения экструдированных продуктов: автореферат дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2013. 21 с.

17. Установка электростатического копчения с индуктивным подводом энергии при дымогенерации в среде инертного газа / С. В. Шахов, О. В. Мальцева, И. Н. Сухарев, С. Ю. Шубкин // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 4. С. 123–131.

18. Шокина Ю. В. Научно-практические основы получения копильных сред с использованием энергии ИК-излучения и применения их в технологии переработки водного сырья: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук. Мурманск, 2011. 54 с.

19. Шубкин С. Ю., Бунеев С. С., Сухарев И. Н. Анализ и параметрическая оптимизация процесса электростатического копчения мелкокусковых рыбопродуктов в пересыпающемся слое // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 2. С. 219–226.

20. Элементы теории «пунктирного» обезвоживания в процессах холодного копчения и вяления рыбы / Ю. Т. Глазунов, А. М. Ершов, М. А. Ершов [и др.] // Вестник Мурманского технического университета. 2012. Том 15, 1 выпуск. С. 15–20.

## References

1. Varfolomeev Yu. N. Povyshenie effektivnosti elektrokopcheniya za schet ispol'zovaniya polya koronnogo razryada: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Barnaul, 2013. 23 s.

2. Voskresenskij N. A. Posol, kopchenie i sushka ryby. Moskva: Pishchevaya promyshlennost', 1966. 548 s.

3. Ershov A. M., Ershov M. A., Pohl'chenko V. A. Opyt vnedreniya sovremennyh tekhnologij sushki i kopcheniya ryby na baze malyh innovacionnyh predpriyatij // V Sserossijskaya konferenciya «Sovremennye naukoemkie innovacionnye tekhnologii». Murmansk: MGTU, 2013. S. 367–370.

4. Issledovanie processa elektrostatischekogo kopcheniya melkokuskovyh ryboproduktov v peresyayushchemsya sloe / I. N. Suharev, S. Yu. Shubkin, S. V. Eleckih, M. A. Rodionova // Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2019. № 3 (29). S. 127–134.

5. Kompleksnyj analiz effektivnosti hraneniya kopchenyh ryboproduktov, poluchennyh v ustanovke barabannogo tipa s nalozheniem elektrostatischekogo polya / A. V. Zhuravlev, S. V. Shahov, I. N. Suharev, S. Yu. Shubkin // HIPS. 2021. № 1. S. 166–177.

6. Mal'ceva O. V. Sovershenstvovanie processa elektrostatischekogo kopcheniya tverdyh syrov s induktivnym podvodom energii pri dymogeneracii v srede inertnogo gaza: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Voronezh, 2011. 22 s.

7. Mezenova O. Ya. Innovacii v kopchenii pishchevyh produktov // Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii. 2017. T. 3, № 1. S. 17–32.

8. Optimizaciya elektrostatischekogo sposoba kopcheniya ryby / V. A. Butorin, V. V. Selunskij, R. V. Banin, K. Zh. Yabykov // APK Rossii. 2018. T. 25. № 1. S. 89–96.

9. Patent RU 199484 U1. Elektrokoptil'naya ustanovka / Selunskij V. V., Banin R. V., Butorin V. A., Yabykov K. Zh.; zayavl. 21.06.2019; opubl. 03.09.2020, Byul. № 25.

10. Patent RU 88913 U1. Elektrokoptil'naya ustanovka / Smolin N. Yu., Vozmilov A. G., Varfolomeev Yu. N., Bykova S. E.; zayavl. 13.04.2009; opubl. 27.11.2009, Byul. № 33.

11. Petrov D. S. Sovershenstvovanie tekhnologii holodnogo kopcheniya ryby v elektrostatischekom pole: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk. Sankt-Peterburg, 2017. 16 s.

12. Ryba i rybnye produkty. Ryba kopchenaya, vyalenaya i sushenaya // Gosudarstvennye standarty. Moskva: IPK Izdatel'stvo standartov, 1997. 154 s.

13. Selyakov I. Yu. Povyshenie energoeffektivnosti processov konvektivnogo obezvozhivaniya pri proizvodstve kopchenoj i vyalenoj ryby: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk. Murmansk, 2015. 22 s.

14. Sovershenstvovanie processa elektrostatischekogo kopcheniya tverdyh syrov s induktivnym podvodom energii pri dymogeneracii v srede inertnogo gaza: monografiya / O. V. Mal'ceva, S. Yu. Shubkin, S. V. Shahov, I. N. Suharev. Elec: FGBOU VO «Eleckij

gosudarstvennyj universitet im. I. A. Bunina», 2023. 185 s.

15. Teoreticheskoe obosnovanie povysheniya effektivnosti i kachestva kopcheniya sel'skokozyajstvennoj produkcii v elektrokoptilke / A. G. Vozmilov, P. S. Rusin, N. I. Smolin, Yu. N. Varfolomeev // Dostizhenie nauki i tekhniki v APK. 2012. № 1. S. 76–78.

16. Tkachev O. A. Razrabotka i issledovanie sposoba vakuum-elektrostaticheskogo kopcheniya ekstrudirovannykh produktov: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk. Voronezh, 2013. 21 s.

17. Ustanovka elektrostaticheskogo kopcheniya s induktivnym podvodom energii pri dymogeneracii v srede inertnogo gaza / S. V. Shahov, O. V. Mal'ceva, I. N. Suharev, S. Yu. Shubkin // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv». 2015. № 4. S. 123–131.

18. Shokina Yu. V. Nauchno-prakticheskie osnovy polucheniya koptil'nykh sred s ispol'zovaniem energii IK-izlucheniya i primeneniya ih v tekhnologii pererabotki vodnogo syr'ya: avtoref. dis. ... d-ra. tekhn. nauk. Murmansk, 2011. 54 s.

19. Shubkin S. Yu., Buneev S. S., Suharev I. N. Analiz i parametricheskaya optimizaciya processa elektrostaticheskogo kopcheniya melkokuskovykh rybo-produktov v peresypayushchemsya sloe // Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2022. № 2. S. 219–226.

20. Elementy teorii «punktirnogo» obezvozhvaniya v processah holodnogo kopcheniya i vyaleniya ryby / Yu. T. Glazunov, A. M. Ershov, M. A. Ershov [i dr.] // Vestnik Murmanskogo tekhnicheskogo universiteta. 2012. Tom 15, 1 vypusk. S. 15–20.

### Сведения об авторах:

**В. В. Селунский**<sup>1✉</sup>, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0009-0009-9995-5678>;

**А. Н. Ткачев**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0009-0004-6501-1496>;

**В. Ю. Чуринов**<sup>3</sup>, главный инженер, <https://orcid.org/0009-0004-1930-751X>

<sup>1,2</sup>Южно-Уральский технологический университет, ул. Кожзаводская, 1, Челябинск, Россия, 454084

<sup>3</sup>ООО Компания «Артель», ул. Сони Кривой, 58а, Челябинск, Россия, 454080

<sup>1</sup>vas-selunskiy@mail.ru

Original article

## IMPROVEMENT OF THE ELECTROSTATIC SMOKING UNIT FOR ENHANCING THE QUALITY OF COLD SMOKED FISH

Vasily V. Selunskiy<sup>1✉</sup>, Andrey N. Tkachev<sup>2</sup>, Vladimir Yu. Churinov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>South Ural Technological University, Chelyabinsk, Russia

<sup>3</sup>ООО Company Artel, Chelyabinsk, Russia

<sup>1</sup>vas-selunskiy@mail.ru

**Abstract.** The article shows the state of the fish products market in Russia in recent years. The analysis of the reasons hindering the development of the fish processing industry is given, and the conclusion about the need to introduce new energy-saving technologies for the production of smoked fish products is drawn. The aim of this work is to enhance the quality of cold-smoked fish by improving the design of the electrostatic smoking unit. The article substantiates the feasibility of using electrical technology in the production of cold smoked fish. The mechanism of fish production by this method is shown, the advantages and disadvantages of the electro-smoking technology are given. Based on the analysis of the existing electric smoking units, the UEC-1 unit was selected as the most suitable for the production of cold-smoked fish for companies with a small production volume. The smoking process revealed the disadvantages of UEC-1 consisting in the discrepancy between the temperature of the smoke fume to the required value and in the smoking inconsistency. The modernization of the mentioned unit has been carried out; for this purpose the existing smoke generator has been replaced with a new remote smoke generator. The work of the smoke pipe was investigated and its parameters were determined experimentally. The length of the smoke pipe should be at least 4000 mm for salmon fish and 2000 mm for all other fish. The paper proposes to introduce a device that provides automatic switching-on of the high voltage source as the smoke fills the smoking chamber, which makes the work of the smoker man easier and improves the quality of the finished product. The duration of smoke treatment of fish during electrostatic smoking is from 5 to 20 minutes, the ageing time is from 12 to 36 hours depending on the variety and weight of the fish.

**Key words:** automatic control, high-voltage source, smoke generator, smoke pipe, product quality, smoke fume, fish products, electric field, electric smoker, electric smoking.

**For citation:** Selunskiy V. V., Tkachev A. N., Churinov V. Yu. Improvement of the electrostatic smoking unit for enhancing the quality of cold smoked fish. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 3(75): 61-69. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_61-69](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_61-69).

**Authors:**

**V. V. Selunskiy**<sup>1</sup>✉, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0009-9995-5678>;

**A. N. Tkachev**<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0004-6501-1496>;

**V. Yu. Churin**<sup>3</sup>, Chief Engineer, <https://orcid.org/0009-0004-1930-751X>

<sup>1,2</sup>South Ural Technological University, 1 Kozhzhavodskaya st., Chelyabinsk, Russia, 454084

<sup>3</sup>OOO Company Artel, 58a Sony Krivoy st., Chelyabinsk, Russia, 454080

<sup>1</sup>vas-selunskiy@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 08.09.2023; одобрена после рецензирования 09.09.2023; принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 08.09.2023; approved after reviewing 09.09.2023; accepted for publication 18.09.2023.

Научная статья

УДК 664-7

DOI 10.48012/1817-5457\_2023\_3\_69-75

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДУЛЯ ОЧИСТКИ СОРТИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

**Храмешин Роман Алексеевич**<sup>1</sup>✉, **Волхонов Михаил Станиславович**<sup>2</sup>,  
**Храмешин Алексей Валерьевич**<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

<sup>2</sup>Костромская ГСХА, пос. Караваяево, Россия

<sup>1</sup>rcabx@mail.ru

**Аннотация.** Очистка оборудования для производства и переработки пищевой продукции – сложный производственный процесс, зависящий от множества факторов: конструктивных особенностей и материала, из которого изготовлено оборудование, способа очистки, моющих растворов и интервалов мойки. На кафедре «Пищевой инженерии и биотехносферной безопасности» УдГАУ накапливается опыт обслуживания технологического оборудования с целью получения безопасной пищевой продукции. Целью данной работы было исследование и определение конструктивно-технологических параметров многофункционального модуля управления исполнительных устройств при производстве быстрозамороженных полуфабрикатов из картофеля. В ходе работы были выполнены исследования процесса сортирования вороха резаного картофеля и загрязнения сортирующей поверхности в зависимости от физико-химических свойств поступающего на переработку сырья. Предложена схема взаимодействия элементов многофункционального модуля и обоснованы четыре этапа производственно-технологического процесса. Для подтверждения результатов теоретических исследований осуществлены эксперименты на модели установки, для которой в модуле управления исполнительных устройств была использована платформа Arduino Mega 2560, построенная на микроконтроллере ATmega 2560. При фиксированном времени цикла очистки, равном 10 минутам, что соответствует интервалу времени технологического перерыва, давлению моющего раствора 5–5,5 МПа, концентрации 5 %, температуре 45–55 °С удалось получить регламентированную очистку сортирующей поверхности. Применение конструкции позволяет провести очистку без разборки оборудования, сокращает затраты времени на мойку, повышает качество конечного продукта.

**Ключевые слова:** процесс, параметр, раствор, поверхность, интервал, мойка, качество, факел, форсунка, картофель.

**Для цитирования:** Храмешин Р. А., Волхонов М. С., Храмешин А. В. Обоснование конструкции и основных параметров модуля очистки сортирующей поверхности // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(75). С. 69-75. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_69-75](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_69-75).



**Актуальность.** Сегодня огромную роль играют поиск и модернизация современных рабочих органов машин и механизмов, необходимых для агропромышленного комплекса. Для развития перерабатывающего производства на современном этапе характерны расширение межотраслевых связей, углубление специализации и концентрации, развитие интеграции, технического перевооружения, перевод на промышленную технологию [5]. Разработка рабочих органов ведется в направлении улучшения качества выпускаемой продукции, снижения трудоемкости и себестоимости.

Очистка оборудования для производства и переработки пищевой продукции – сложный производственный процесс, зависящий от множества факторов: конструкции, материала, из которого изготовлено оборудование, типа очистки (механический или ручной), моющих растворов и интервалов мойки.

Процесс очистки технологического оборудования протекает при соблюдении нескольких условий. Первое заключается в необходимости обеспечения требуемого давления потока моющего раствора. Второе – в применении необходимого угла факела распыла. Третье обусловлено необходимостью промывки сортирующего оборудования чистой водой. Четвертое – в просушивании оборудования потоками очищенного воздуха от остатков промывочной воды.

В рассматриваемом случае моющий раствор, либо вода, поступает от насоса к форсуночно-распылительному коллектору. Струя моющего раствора, распыляемого форсунками, сбивает с сортировальных нитей налипшие частицы крахмала и замерзшие мелкие частицы картофеля. При несоблюдении технологических условий происходит появление непромытых участков на поверхности сортировального барабана, либо на нитях остаются капли моющего раствора или воды, замерзающие в процессе функционирования оборудования, что вновь ведет к уменьшению межнитиевого пространства и снижению качества сортирования [11, 12].

В связи с этим **предметом исследований** является производственный процесс и модуль управления очисткой с его элементами при производстве продукции, в зависимости от размерно-массовых характеристик и количества крахмала в поступающем сырье, а **целью исследований** – определение конструктивно-технологических параметров многофункционального модуля управления исполнительных устройств при производстве быстрозамороженных полуфабрикатов из картофеля.

**Методика исследований.** В исследованиях использовались сорта картофеля, различающиеся по содержанию крахмала: высококрахмалистые – Луговской (ст) (15,0–19,0 %), Елизавета (13,0–18,0 %), Башкирский (14,6–19,8 %), Аврора (13,5–17,3 %); среднекрахмалистые – Синеглазка (15,0–15,5 %), Лазурит (13,5–15,7 %), Ред Леди (12,0–17,0 %); низкокрахмалистые – Невский (ст) (11,0–17,0 %), Жуковский (10,0–12,0 %), Розара (13,0–14,0 %), Рокко (13,0–16,0 %), Ред Скарлет (10,1–15,6 %), Ривьера (11,0–16,0 %), Удача (ст) (11,0–14,5 %) [5, 9].

Выявлено, что для разных сортов картофеля [10, 13], поступающего на переработку, должны быть сформированы такты производственного процесса с определением контрольных точек, интервалов времени работы основного и вспомогательных процессов.

Для подтверждения результатов теоретических исследований осуществлены эксперименты на модели установки (рис. 1–2), для которой был изготовлен многофункциональный модуль управления исполнительных устройств (ММУИУ) [2, 4].

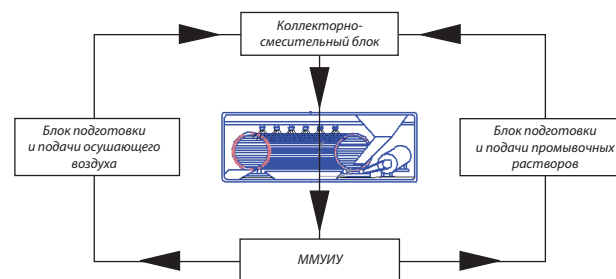


Рисунок 1 – Схема алгоритма цикла очистки

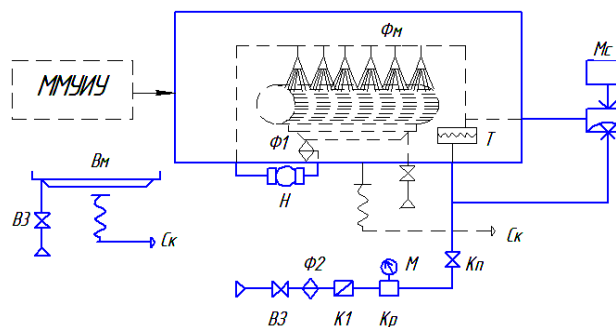


Рисунок 2 – Структурная схема цикла мойки:

- Вм – ванна моечная; ВЗ – вентили запорные;
- Ск – слив канализационный;
- Ф1, Ф2 – фильтры очистки воды;
- К1 – реле сухого хода; Кр – реле давления;
- М – манометр; Кп – клапан предохранительный; Н – насос водный;
- Т – тэн нагревательный; Мс – моющее средство;
- Фм – форсунки моечные

**Результаты исследования.** Очистка технологического оборудования в процессе производства продукции из картофеля – один

из факторов, влияющих на качество произведенного конечного продукта, его внешний вид, химические свойства и безопасность.

Необходимо отметить, что на точность сортирования резаных частиц картофеля [14] влияют несколько факторов химико-технического, технологического и эксплуатационного характера. Несвоевременное обслуживание оборудования [15] приводит к загрязнению рабочей поверхности сортировочного барабана, что в итоге снижает качество конечного продукта, так как в нем начинают присутствовать нестандартные частицы (обрезы) и крахмал, ухудшающие качество продукции и товарный вид в процессе тепловой обработки.

Анализ теоретических и лабораторных исследований показал, что повысить конкурентоспособность и качество продукции можно только за счет постоянного контроля параметров, изменяющихся во времени производственного цикла [1, 6].

Циклы моечно-осушительного процесса [8] в технологическом процессе протекают следующим образом:

- как только количество обрезей в составе готового полуфабриката начинает превышать 5 %, процесс подачи сырья в сортировальный барабан прекращается (рис. 3);

- происходит отключение вакуумных насосов;

- открывается клапан забора воды, происходит фильтрация и смешивание воды с моющим раствором и умягчающими солями в смесителе (СМР);

- в блоке подготовки моющего раствора (БПМР) с помощью тэнов происходит нагрев раствора [12] до необходимой температуры (45–85 °С). Контроль обеспечивается датчиком температуры;

- при достижении необходимой температуры моющего раствора включается циркуляционный насос (ЦН), после чего раствор подается в форсуночный коллектор под минимальным давлением – происходит режим «замачивания»;

- включается таймер времени (интервал от 1 до 3 минут);

- стекающий раствор проходит через фильтрующий элемент и направляется в специальный резервуар для очистки и повторного использования;

- по окончании процесса «замачивания» процессором в электронном блоке управления (ЭБУ) запускается процесс мойки под рабочим давлением;

- процессор ЭБУ запускает привод сортировального барабана в целях омыwania и очистки нитей по всей площади сортировки, в процессе вращения барабана через струи подающегося раствора смываются остатки загрязнений;

- в ходе мойки слитый раствор фильтруется, в СМР происходит добавление моющего средства для получения необходимой концентрации, подогревается в БМР до регламентной температуры, после чего подается от ЦН к форсуночному коллектору;

- процессор ЭБУ получает команду от реле времени об окончании процесса мойки;

- отключается ЦН, и идет команда на слив загрязненного моющего раствора из специального резервуара в накопитель сточных вод для обеззараживания;

- открывается клапан забора воды для ополаскивания, включается ЦН, и с подачей воды через форсунки одновременно включается привод вращения сортировального барабана;

- отработанная вода после очистки направляется на утилизацию;

- процессор ЭБУ запускает цикл сушки, очищенный и нагретый воздух поступает через блок подготовки осушенного воздуха (БПОВ) в форсуночный коллектор под контролем реле времени (рис. 4) [11];

- реле времени останавливает процесс сушки, происходит контроль очистки сортировального барабана. При необходимости циклы повторяются;

- включается вакуумный насос, после чего линия по производству картофелепродуктов вновь готова к дальнейшей работе.

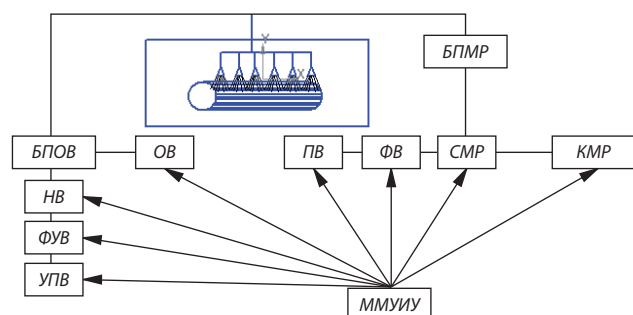


Рисунок 3 – Схема структурная с модулем управления;

УПВ – устройство подачи воздуха;  
 ФУВ – фильтрационная установка воздуха;  
 НВ – нагреватель воздуха; ОВ – осушитель воздуха; БПОВ – блок подготовки осушенного воздуха; ПВ – подача воды; ФВ – фильтр водный; КМР – концентрат моющего раствора; СМР – смеситель моющего раствора; БПМР – блок подготовки моющего раствора

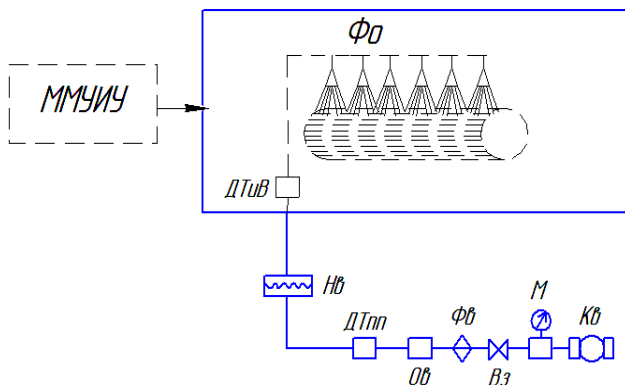


Рисунок 4 – Схема структурная цикла сушки:

Кв – компрессор воздушный;  
 М – манометр; Вз – вентиль запорный;  
 Фв – фильтр воздушный; Об – осушитель воздуха; ДТпн – датчик температуры производственного помещения;  
 Нв – нагреватель воздуха;  
 ДТиВ – датчик температуры и влажности

Весь цикл очистки занимает от 8 до 10 минут и зависит от степени загрязнения, давления и температуры воды при подготовке моющего раствора.

В ММУИУ использована платформа Arduino Mega 2560, построенная на микроконтроллере ATmega 2560 [3], преобладающим в линейке по своей производительности, объему памяти и по возможности подключения огромного количества устройств к плате (рис. 5–6).

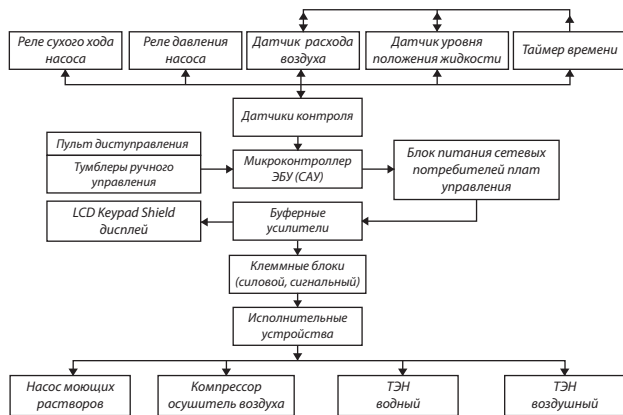


Рисунок 5 – Схема взаимодействия элементов ММУИУ

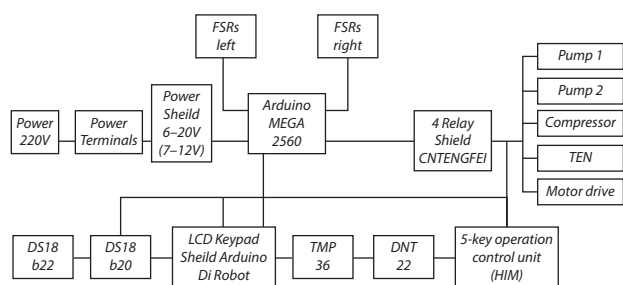


Рисунок 6 – Схема структурная ММУИУ

В производстве быстрозамороженных полуфабрикатов в данном случае модули ввода и вывода разнесены по цеху с объединением в единую сеть, под управлением программируемого логического контроллера – ПЛК (по принципу полевой сети или fieldbus), с подключением датчиков, исполнительных систем и устройств. В роли операционной системы выступает системное программное обеспечение (ПО), устанавливаемое в постоянной памяти контроллера, при включении ПЛК осуществляется запуск. Выполнение пользовательской программы циклическое. Цикл работы состоит из опроса входов, выполнения команд, установки значений для входов, вспомогательных операций.

Сначала цикл осуществляется системным ПО, затем прикладным ПО – на основе заданного алгоритма оператором линии, по завершении выполнения этих команд опять действует системное ПО, при этом оператор указывает, какой сигнал будет на входе и как нужно на него реагировать на выходе. ПО определяет, какие из выходов будут под напряжением и какие входные условия нужны для любых изменений. Управляющая программа аналогична схеме работы физического реле, но на деле нет ни реле, ни проводов, ни катушек. Все эти элементы – мнимые. ПО разрабатывается и просматривается на персональном компьютере, соединенном с интерфейсом контроллера.

К технологическим факторам мойки оборудования, влияющим на качество продукции, следует отнести концентрацию моющего раствора, его температуру, время распыления и силу давления струи.

При подготовке моющих растворов необходимо обеспечить температуру 45–85 °С и концентрацию моющего вещества 5–7 %.

Мойку оборудования для производства картофелепродуктов рекомендовано производить в 4 этапа: первоначальное смачивание, очистка с применением моющих растворов, ополаскивание чистой водой до полного удаления остатков моющего вещества, сушка очищенным сжатым воздухом.

Анализ полученных данных для разных сортов картофеля позволил при фиксированном времени цикла очистки до 10 минут (что соответствует времени регламентированного технологического перерыва), давлении моющего раствора в 5–5,5 МПа, концентрации 5 %, температуре 45–55 °С получить требуемую очистку сортирующей поверхности в соответствии со схемой мойки (рис. 2).

**Выводы:**

1. Проведен анализ производственного процесса, выявлено налипание крахмала и частиц резаного картофеля на нити сортирующей поверхности. Для решения данной проблемы разработана программа и получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [4].

2. Разработана структурная схема многофункционального модуля управления (ММУ) исполнительных устройств (ИУ) контролируемых параметров процесса: влажности и температуры среды, температуры и концентрации растворов, температуры и скорости движения осушающего потока.

3. Предложен модуль очистки с обоснованными этапами и временными интервалами, являющийся наиболее рациональным решением для удаления налипшего крахмала и частиц резаного картофеля с нитей сортировального барабана, что подтверждается патентом на полезную модель [2].

4. Изготовлен ММУИУ на основе интегральных схем (микропроцессорных) и датчиков контроля с возможностью управления интервалами варьирования параметров цикла в автоматическом режиме и под управлением оператора линии производственного процесса.

5. По результатам исследований варьированы следующие значения параметров: сила воздействия моющего раствора на нити – 4,11...4,66 Н; скорость потока – 24,22...24,65 м/с; температура моющих растворов в интервале 45–85 °С.

6. Применение усовершенствованной технологии и конструкции позволит осуществлять очистку без разборки оборудования, сократит затраты времени на обслуживание и мойку, повысит качество сортировки резаных столбиков и, как следствие, конечного продукта.

**Список источников**

1. ГОСТ Р ИСО 22000-2007 (ISO 22000:2005). Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции: введ. впервые: дата введения 2008-01-01. Москва: Изд-во стандартов, 2012. 30 с.

2. Патент на полезную модель № 214504 У1 Российская Федерация, МПК А23L 3/44. Установка непрерывного действия для сортировки и сублимационной сушки кускообразных материалов: № 2021110463: заявл. 13.04.2021: опублик. 01.11.2022 / А. В. Храмешин, Р. А. Храмешин, Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов; заявитель Федеральное госу-

дарственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». EDN GFJMAZ.

3. Петин В. А., Биняковский А. А. Практическая энциклопедия Arduino. Москва: ДМК Пресс, 2017. 152 с.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616624 Российская Федерация. Исследование кинетики процесса адгезии (налипания) крахмала при сортировании резаного картофеля: № 2021615724: заявл. 19.04.2021: опублик. 23.04.2021 / Р. А. Храмешин, П. В. Дородов, А. В. Храмешин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». EDN MDHBOI.

5. Храмешин А. В., Волхонов М. С., Васильев А. Н. Разработка проекта реализации технологии производства картофельных полуфабрикатов // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 1 (28). С. 154–158. EDN PWPUMZ.

6. Храмешин А. В., Храмешин Р. А. Вакуумно-сортировально-сушильная машина в составе линии по производству продукции из картофеля // Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия: труды Междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 13–14 марта 2015 г. / Международный научный институт EDUCATIO, отв. ред.: Б. М. Вершинин. Новосибирск: Международный научный институт EDUCATIO, 2015. С. 73–76. EDN TТОНOL.

7. Храмешин А. В., Храмешин Р. А. Качество картофельных полуфабрикатов как управляемый фактор // International Scientific Review. 2016. № 4 (14). С. 44–49. EDN VWAOGV.

8. Храмешин Р. А. Моделирование технологии очистки оборудования, моющие растворы и их применение при производстве картофелепродуктов // АгроЭкоИнфо. 2020. № 2 (40). С. 21. EDN XISSJC.

9. Храмешин Р. А., Арсланов Ф. Р., Храмешин А. В. Повышение эффективности защиты картофеля от вредителей и болезней в Удмуртской Республике // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2016. № 18. С. 50–53. EDN SJDJFJ.

10. Храмешин Р. А., Волхонов М. С., Храмешин А. В. К вопросу исследования кинетики процесса адгезии крахмала на рабочую поверхность оборудования при производстве картофелепродукции // АгроЭкоИнфо. 2022. № 3 (51). EDN GWZSLJ.

11. Храмешин Р. А., Игнатъев С. П., Храмешин А. В. Влияние очистки сортирующей поверхности на качество обработки картофельных полуфабрикатов // Сельский механизатор. 2020. № 10. С. 28–29. EDN ZCFGAT.



12. Храмешин Р. А., Эндерс М. А. Моделирование функционирования вакуумно-сортировально-сушильной машины с учетом факторов перерабатываемого сырья при производстве картофелепродуктов [Электронный ресурс] // Научные труды студентов Ижевской ГСХА / отв. за выпуск Н. М. Итешина. Электрон. дан. (1 файл). Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. № 3 (6). С. 595–602.

13. Khrameshin R. A., Enders M. A., Khrameshin A. V. Effekte photo anzeiger von anlagen zur ertrag von kartoffel unter Udmurtien // Technical Sciences. 2017. Vol. 20, N 4. P. 21–23. EDN XMDESD.

14. Khrameshin R., Enders M., Khrameshin A. Modeling of operating modes of the module of cleaning the vacuum-sorting-drying machine during the production of frozen semi-products from the potato // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2019. № 26-2. P. 6–9.

15. Khrameshin R., Khrameshin A. Cleaning module of the sorting surface of a continuous processing unit for grinding and freeze drying of lumpy materials // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, Western Siberia, 04–05 июля 2020 г. Omsk City, Western Siberia, 2021. P. 012070. DOI 10.1088/1755-1315/624/1/012070. EDN HUCXIN.

## References

1. GOST R ISO 22000-2007 (ISO 22000:2005). Sistemy menedzhmenta bezopasnosti pishchevoj produkcii. Trebovaniya k organizatsiyam, uchastvuyushchim v cepi sozdaniya pishchevoj produkcii: vved. v pervyye: data vvedeniya 2008-01-01. Moskva: Izd-vo standartov, 2012. 30 s.

2. Patent na poleznuyu model' № 214504 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A23L 3/44. Ustanovka nepreryvnogo dejstviya dlya sortirovki i sublimacionnoj sushki kuskobraznyh materialov: № 2021110463: zayavl. 13.04.2021: opubl. 01.11.2022 / A. V. Hrameshin, R. A. Hrameshin, Yu. G. Korepanov, F. R. Arslanov; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya». EDN GFJMAZ.

3. Petin V. A., Binyakovskij A. A. Prakticheskaya enciklopediya Arduino. Moskva: DMK Press, 2017. 152 s.

4. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programy dlya EVM № 2021616624 Rossijskaya Federaciya. Issledovanie kinetiki processa adgezii (naliyaniya) krahmala pri sortirovanii rezanogo kartofelya: № 2021615724: zayavl. 19.04.2021: opubl. 23.04.2021 / R. A. Hrameshin, P. V. Dorodov, A. V. Hrameshin; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya». EDN MDHBOI.

5. Hrameshin A. V., Volhonov M. S., Vasil'ev A. N. Razrabotka proekta realizacii tekhnologii proizvodstva kartofel'nyh polufabrikatov // Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. 2013. № 1 (28). S. 154–158. EDN PWPUMZ.

6. Hrameshin A. V., Hrameshin R. A. Vakuumno-sortiroval'no-sushil'naya mashina v sostave linii po proizvodstvu produkcii iz kartofelya // Nauchnye perspektivy HKHI veka. Dostizheniya i perspektivy novogo stoletiya: trudy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Novosibirsk, 13–14 marta 2015 g. / Mezhdunarodnyj nauchnyj institut EDUCATIO, otv. red.: B. M. Vershinin. Novosibirsk: Mezhdunarodnyj nauchnyj institut EDUCATIO, 2015. S. 73–76. EDN TTOHOL.

7. Hrameshin A. V., Hrameshin R. A. Kachestvo kartofel'nyh polufabrikatov kak upravlyaemyj faktor // International Scientific Review. 2016. № 4 (14). S. 44–49. EDN VWAOGV.

8. Hrameshin R. A. Modelirovanie tekhnologii ochistki oborudovaniya, moyushchie rastvory i ih primenenie pri proizvodstve kartofeleproduktov // AgroEkoInfo. 2020. № 2 (40). S. 21. EDN XISSJC.

9. Hrameshin R. A., Arslanov F. R., Hrameshin A. V. Povyshenie effektivnosti zashchity kartofelya ot vreditelej i boleznej v Udmurtskoj Respublike // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkcii sel'skogo hozyajstva. 2016. № 18. S. 50–53. EDN SJDJFJ.

10. Hrameshin R. A., Volhonov M. S., Hrameshin A. V. K voprosu issledovaniya kinetiki processa adgezii krahmala na rabochuyu poverhnost' oborudovaniya pri proizvodstve kartofeleprodukcii // AgroEkoInfo. 2022. № 3 (51). EDN GWZSLJ.

11. Hrameshin R. A., Ignat'ev S. P., Hrameshin A. V. Vliyanie ochistki sortiruyushchej poverhnosti na kachestvo obrabotki kartofel'nyh polufabrikatov // Sel'skij mekhanizator. 2020. № 10. S. 28–29. EDN ZCFGAT.

12. Hrameshin R. A., Enders M. A. Modelirovanie funkcionirovaniya vakuumno-sortiroval'no-sushil'noj mashiny s uchetom faktorov pererabatyvaemogo syr'ya pri proizvodstve kartofeleproduktov [Elektronnyj resurs] // Nauchnye trudy studentov Izhevskoj GSKHA / otv. za vypusk N. M. Iteshina. Elektron. dan. (1 fajl). Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2018. № 3 (6). S. 595–602.

13. Khrameshin R. A., Enders M. A., Khrameshin A. V. Effekte photo anzeiger von anlagen zur ertrag von kartoffel unter Udmurtien // Technical Sciences. 2017. Vol. 20, N 4. P. 21–23. EDN XMDESD.

14. Khrameshin R., Enders M., Khrameshin A. Modeling of operating modes of the module of cleaning the vacuum-sorting-drying machine during the production of frozen semi-products from the potato // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2019. № 26-2. P. 6–9.

15. Khrameshin R., Khrameshin A. Cleaning module of the sorting surface of a continuous processing unit for grinding and freeze drying of lumpy materials // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, Western Siberia, 04–05 iyulya 2020 g. Omsk City, Western Siberia, 2021. P. 012070. DOI 10.1088/1755-1315/624/1/012070. EDN HUCXIN.

**Сведения об авторах:**

**Р. А. Храмешин**<sup>1✉</sup>, преподаватель-исследователь, магистр;

**М. С. Волхонов**<sup>2</sup>, доктор технических наук, профессор;

**А. В. Храмешин**<sup>3</sup>, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-7050-4912>;

<sup>1,3</sup>Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069

<sup>2</sup>Костромская ГСХА, Костромская обл., пос. Караваяево, Учебный городок, 34, Россия, 156530

<sup>1</sup>pcabx@mail.ru

Original article

## JUSTIFICATION OF THE DESIGN AND MAIN PARAMETERS OF THE MODULE FOR CLEANING THE SORTING SURFACE

**Roman A. Khrameshin**<sup>1✉</sup>, **Mikhail S. Volkhonov**<sup>2</sup>, **Alexey V. Khrameshin**<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

<sup>2</sup>Kostroma State Agricultural Academy, pos. Karavaevo, Russia

<sup>1</sup>pcabx@mail.ru

**Abstract.** *Equipment cleaning for the food production and food processing is a complex production process that depends on many factors: design features and materials from which the equipment is made, cleaning methods, cleaning solutions and washing intervals. The Department of Food Engineering and Biotechnosphere Safety of UdGAU gains experience of servicing the technological equipment in order to obtain safe food products. The purpose of this work was to study and determine the design and technological parameters of the multifunctional control module of actuators in the production of quick-frozen semi-finished products from potatoes. During the work the studies of the sorting a heap of cut potatoes and contamination of the sorting surface, depending on the physical and chemical properties of the supplied raw materials were carried out. A scheme of interaction of the elements of a multifunctional module is proposed and four stages of the production and technological process are substantiated. To confirm the results of theoretical studies, experiments were carried out on a plant model for which the Arduino Mega 2560 platform built on the ATmega 2560 microcontroller was used at the control module of actuators. We succeeded in obtaining a regulated cleaning of the sorting surface under the following conditions: the fixed time of cleaning cycle is 10 min. which corresponds with the duration of technological interval, the pressure of cleaning solution is 5–5.5 MPa, the concentration is 5 %, temperature is 45–55 °C. The application of the design provides cleaning without dismantling the equipment, reduces the time spent on washing, improves the quality of the final product.*

**Key words:** *process, parameter, solution, surface, interval, washing, quality, torch, nozzle, potatoes.*

**For citation:** *Khrameshin R. A., M. S. Volkhonov, A. V. Khrameshin. Justification of the design and main parameters of the module for cleaning the sorting surface. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 3(75): 69-75. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2023\\_3\\_69-75](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_3_69-75).*

**Authors:**

**R. A. Khrameshin**<sup>1✉</sup>, Teacher-researcher, Master;

**M. S. Volkhonov**<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;

**A. V. Khrameshin**<sup>3</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-7050-4912>;

<sup>1,3</sup>Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya st., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>2</sup>Kostroma State Agricultural Academy, 34 Educational campus, Karavaevo settlement, Kostroma region, Russia, 156530

<sup>1</sup>pcabx@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.06.2023; одобрена после рецензирования 27.06.2023; принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 16.06.2023; approved after reviewing 27.06.2023; accepted for publication 18.09.2023.

## 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. Рукопись статьи представляется непосредственно в редакцию журнала или присылается по почте (e-mail). Статья должна содержать следующие структурные элементы: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования (желательно наличие иллюстративного материала: таблицы, рисунки), выводы.

3. 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.

4. 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.

5. В рисунках необходимо предусмотреть 1,5-кратное уменьшение. Дополнительно рисунки представляются в отдельных файлах в одном из следующих форматов: \*.jpeg, \*.eps, \*.tiff.

6. Все математические формулы должны быть тщательно выверены. Электронная версия представлена в формате Microsoft Equation 3.1.

7. Объем рукописи должен быть не менее 14 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки.

8. 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).

9. Название статьи приводится на русском и английском языках.

10. 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.

11. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой. Ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

12. Пристатейный список литературы должен оформляться по ГОСТ Р 7.0.5-2008. В тексте статьи ссылки на литературу оформляются в виде номера в квадратных скобках на каждый источник. 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.

13. Статьи, оформленные с нарушением требований, рассматриваться и публиковаться не будут.

14. 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. Manuscripts should be presented to the editorial office directly or submitted by mail (e-mail). 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.

3. 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.

4. 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.

5. Necessary to provide for 1.5-fold reduction in the drawings. In addition, the drawings are presented in separate files in one of the following formats: \*.jpeg, \*.eps, \*.tiff.

6. All mathematical formulae must be accurately adjusted. The electronic version should be provided in format Microsoft Equation 3.1.

7. The volume of the manuscript should not be less than 14 standard pages of the text including tables and drawings.

8. 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).

9. The title of the article is given in Russian and English.

10. 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.

11. Key words or word combinations are separated by semicolon. Key words are printed in Russian and English.

12. The literature reference list of the article must be done according to the state standard GOST R 7.0.5-2008. References to the resources of information in the text are indexed with numbers and given in square parentheses. 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.

13. Papers which do not conform to the requirements mentioned above shall not be taken for consideration, reviewing and publishing.

14. Review of all scientific articles is provided by the editorial staff. The peer review is carried out by the editors or external reviewers.